

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-182341  
(P2000-182341A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

G11B 21/10

F.I.

G11B 21/10

テーマコード (参考)

N 5D096

審査請求 有 請求項の数23 OL (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願平10-355697

(22) 出願日 平成10年12月15日 (1998.12.15)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 宇都宮 基恭

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100089875

弁理士 野田 茂

Fターム (参考) 5D096:NN03-NN07

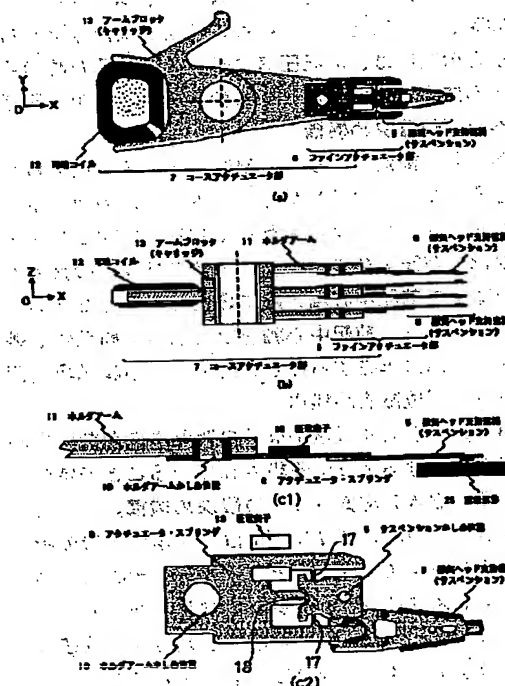
BEST AVAILABLE COPY

(54) 【発明の名称】 磁気ヘッドスライダ位置決め機構

(57) 【要約】

【課題】 高速・高精度な磁気ヘッド位置決め機構を提供する。

【解決手段】 磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッドの支持機構5と、ファインアクチュエータ部6およびコースアクチュエータ部7からなる2ステージアクチュエータとから構成される。ファインアクチュエータ部6は、アクチュエータ・スプリング8と圧電素子16から構成され、ホルダアームかしめ位置10においてコースアクチュエータ部7を構成するホルダアーム11に接続される。スライダ2を記録媒体2.6に対向する向きにして前記ファインアクチュエータ部6にサスペンションかしめ位置9において接続されている。ファインアクチュエータ部6のアクチュエータ・スプリング8は、サスペンションかしめ位置9とホルダアームかしめ位置10との間において、2本の長いI形のサイドスプリング17と1本の短いI形のセンタースプリング18とを有している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気ヘッド支持機構と2ステージアクチュエータを備え、

前記磁気ヘッド支持機構は、磁気ヘッドを搭載したスライダを支持するように構成され、

前記2ステージアクチュエータは、磁気ヘッド支持機構を前記磁気ヘッドのシーク方向に微小量変位させるファインアクチュエータ部と、前記ファインアクチュエータ部をボイス・コイル・モータにより前記磁気ヘッドのシーク方向に変位させるコースアクチュエータ部とから構成され、

前記ファインアクチュエータ部は、前記磁気ヘッド支持機構を支持する薄板状のアクチュエータ・スプリングと2つの圧電素子を有してなり、

前記磁気ヘッド支持機構の前記磁気ヘッドのシーク方向への微小量変位は、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって行われる、ことを特徴とする磁気ヘッド位置決め機構。 10

【請求項2】 前記アクチュエータ・スプリングは、前記磁気ヘッド支持機構を支持する第1支持部と前記コースアクチュエータ部に支持される第2支持部と、前記第1支持部および前記第2支持部の間を接続するスプリング部とを備えることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項3】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上で前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟む箇所に配設され、一端は前記第1支持部の箇所に固定され、他端は前記第2支持部の箇所に固定され、前記第1支持部の箇所と前記第2支持部の箇所との間には、前記圧電素子が駆動するための駆動隙間が形成されていることを特徴とする請求項2記載の磁気ヘッド位置決め機構。 30

【請求項4】 前記スプリング部は、1本のI形の板バネからなるセンタスプリングと、2本のI形の板バネからなるサイドスプリングとを有してなり、前記センタスプリングは、前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸上で前記中心軸方向に延在し、前記2本のサイドスプリングは、前記中心軸を挟む箇所で前記中心軸と直交する方向に延在することを特徴とする請求項2記載の磁気ヘッド位置決め機構。 40

【請求項5】 前記圧電素子はその駆動方向が前記中心軸と平行方向となるように配設されていることを特徴とする請求項4記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項6】 前記スプリング部は、1本のI形の板バネからなるセンタスプリングと、2本のI形の板バネからなるサイドスプリングとを有してなり、前記センタスプリングは、前記中心軸上で前記中心軸方向に延在し、前記2本のサイドスプリングは、前記中心軸を挟む箇所 50

で、前記第2支持部側の間隔よりも前記第1支持部側の間隔が大となるように前記中心軸と交差する方向に延在することを特徴とする請求項2記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項7】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上において前記中心軸を挟む箇所、前記第1支持部側の間隔よりも前記第2支持部側の間隔が大となるように前記圧電素子の駆動方向が前記中心軸と交差するように設けられていることを特徴とする請求項6記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項8】 前記中心軸に対して同じ側に位置する前記サイドスプリングと前記圧電素子は、前記サイドスプリングの延在方向と前記圧電素子の前記駆動方向とがほぼ直交して交差するように構成されていることを特徴とする請求項7記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項9】 前記センタスプリングを構成するI形の板バネはバネ幅に比べてバネ長がほぼ等しくなるように構成され、前記サイドスプリングを構成するI形の板バネはバネ幅に比べてバネ長が十分長くなるように構成されていることを特徴とする請求項4乃至8に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項10】 前記スプリング部は、2本のI形の板バネからなるセンタスプリングと、2本のI形の板バネからなるサイドスプリングとを有してなり、前記2本のサイドスプリングは、前記中心軸を挟む箇所で前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸と直交する方向に延在し、前記2本のセンタスプリングは、前記中心軸を挟み、前記2本のサイドスプリングよりも前記第2支持部に近く、かつ、前記2本のサイドスプリングよりも前記中心軸に近い箇所で前記中心軸と直交する方向に延在することを特徴とする請求項2記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項11】 前記圧電素子はその駆動方向が前記中心軸と平行方向となるように配設されていることを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項12】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上で前記アクチュエータ・スプリングの中心軸を挟む箇所に配設され、一端は前記第1支持部の箇所に固定され、他端は前記第2支持部の箇所に固定され、前記第1支持部の箇所と前記第2支持部の箇所との間には、前記圧電素子が駆動するための駆動隙間が形成されていることを特徴とする請求項4乃至11記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項13】 前記アクチュエータ・スプリングは、厚み方向に重ね合わされた状態で接合された薄板状の第1スプリング部と第2スプリング部からなり、前記第1、第2スプリング部の一方には前記サイドスプリングが設けられ、前記他方には前記センタスプリングが設けられていることを特徴とする請求項4乃至11に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項14】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上で前記アクチュエータ・スプリングの中心軸を挟む箇所に配設され、前記圧電素子の駆動方向の一端は前記第1支持部の箇所に固定され、前記圧電素子の駆動方向の他端は前記第2支持部の箇所に固定され、前記第1支持部の箇所と前記第2支持部の箇所との間には、前記圧電素子が駆動するための駆動隙間が形成されていることを特徴とする請求項13記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項15】 前記駆動隙間は、前記第1スプリング部に設けられた第1駆動隙間と、前記第2スプリング部に設けられた第2駆動隙間とからなり、前記第1、第2駆動隙間の一方が他方より広く設定されることで前記第1、第2支持部の箇所にそれぞれ段部を形成し、前記圧電素子の前記アクチュエータ・スプリングに対する固定は、前記圧電素子の駆動方向の一端と他端が前記段部にはめ込まれた状態で行われていることを特徴とする請求項14記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項16】 前記磁気ヘッド支持機構は、一端部が前記磁気ヘッドを保持し、他端部が前記アクチュエータ・スプリングと厚み方向に重ね合わされた状態で接合されるロードビーム部を備え、前記ロードビーム部は、前記第1支持部に接合される本体部と、前記第2支持部に接合される補強板部と、前記本体部と前記補強板部とを接続する連絡部とを備え、前記連絡部は、前記本体部と前記第1支持部が接合され、かつ、前記補強板部と前記第2支持部の接合された後で切断されるように構成されていることを特徴とする請求項2、4乃至11、13に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項17】 前記連絡部は、前記本体部に一端が接続され、前記補強板部に他端部が接続されたI形の支持部材から構成されていることを特徴とする請求項16記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項18】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上で前記アクチュエータ・スプリングの中心軸を挟む箇所に配設され、前記圧電素子の駆動方向の一端は前記第1支持部の箇所に固定され、前記圧電素子の駆動方向の他端は前記第2支持部の箇所に固定され、前記第1支持部の箇所と前記第2支持部の箇所との間には、前記圧電素子が駆動するための駆動隙間が形成されていることを特徴とする請求項16または17記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項19】 前記本体部と前記補強板部の間で前記アクチュエータ・スプリングの前記駆動隙間に対応する箇所に前記駆動隙間よりも狭いロードビーム側駆動隙間が形成されることで前記第1、第2支持部の箇所にそれぞれ段部を形成し、前記圧電素子の前記アクチュエータ・スプリングに対する固定は、前記圧電素子の駆動方向の一端と他端が前記段部にはめ込まれた状態で行われていることを特徴とする請求項18記載の磁気ヘッド位置

決め機構。

【請求項20】 前記磁気ヘッド支持機構は、一端部が前記磁気ヘッドを保持し、他端部が前記アクチュエータ・スプリングと厚み方向に重ね合わされた状態で接合されるロードビーム部を備え、前記アクチュエータ・スプリングは、厚み方向に重ね合わされた状態で接合された薄板状の第1スプリング部と第2スプリング部からなり、前記第1スプリング部には前記サイドスプリングが設けられ、前記第2スプリング部には前記センタスプリングが設けられことを特徴とする請求項2、4乃至11に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項21】 前記ロードビーム部は、前記第1スプリング部側の前記第1支持部に接合される本体部と、前記第2スプリング側の前記第2支持部の箇所と前記アクチュエータ・スプリングの厚み方向に所定間隔を挟んで対面する2つの固定部とを備え、前記2つの固定部は、前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟む箇所に配設され、前記圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリングの厚み方向と直交する方向にすべり駆動されるように構成され、前記圧電素子の互いにすべり駆動する2つの端面は、前記固定部に対面する前記第2支持部の箇所と前記固定部との間に挟まれた状態で前記第2支持部の箇所と前記固定部の箇所とにそれぞれ固定されていることを特徴とする請求項20記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項22】 前記ロードビーム部は、前記第1スプリング部側の前記第1支持部に接合される本体部を備え、前記本体部の前記第1スプリング部側と反対側の箇所に固定されると共に、前記第2スプリング側の前記第2支持部の箇所と前記アクチュエータ・スプリングの厚み方向に所定間隔を挟んで対面する2つの固定部を具備する固定部材を設け、前記2つの固定部は前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟む箇所に配設され、前記圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリングの厚み方向と直交する方向にすべり駆動されるように構成され、前記圧電素子の互いにすべり駆動する2つの端面は、前記固定部に対面する前記第2支持部の箇所と前記固定部との間に挟まれた状態で前記第2支持部の箇所と前記固定部の箇所とにそれぞれ固定されていることを特徴とする請求項20記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項23】 前記コースアクチュエータ部は、前記ファインアクチュエータ部を複数個支持し、前記コースアクチュエータ部による前記ファインアクチュエータ部の前記シーク方向への変位は、複数個の前記ファインアクチュエータ部を一括して行うように構成されていることを特徴とする請求項1乃至22に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ディスク装置あるいは光ディスク装置等のディスク装置における磁気ヘッド位置決め機構に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置の記録密度は、高BPI (Bit Per Inch) 化と高TPI (Track Per Inch) 化により年率60%以上のペースで増加している。高BPI化のためには、ヘッド浮上量の低減やMR (Magnetoresistive) ヘッドのようなセンシティブな高い磁気ヘッドの採用、あるいは高効率な信号処理技術などが求められるが、高TPI化実現のためには加えて磁気ヘッドの位置決め精度の改善が重要な技術課題となる。例えば16b/in<sup>2</sup>の記録密度ではトラック方向密度は8kTPI以下、トラックピッチにして3~4μm程度であるが、106b/in<sup>2</sup>以上の記録密度を達成するためにはトラック密度は25kTPI以上、トラックピッチにして1μm以下となるため、磁気ヘッドの位置決め精度は(トラックピッチの10%である) 0.1μm以下が要求されるようになる。

【0003】図19に磁気ディスク装置に用いられる磁気ヘッド位置決め機構(ポジション)の従来例を示す。この磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッドを円弧形に回転駆動するロータリーアクチュエータ方式と呼ばれるもので、複数のホルダアーム11と、可動コイル12を備えたアームブロック(キャリッジ)13とが回転軸受け部14を中心に矢印A(図19(b)参照)の方向に回転可能となるように構成されている。前記アームブロック13のホルダアーム先端部には、磁気ヘッド1を搭載したスライダ2を支持する磁気ヘッド支持機構5(サスペンションまたはHGA: Head Gimbal Assembly)が接続されている(図19(c)、(d)参照)。また、前記アームブロック13の他端に設置された可動コイル12は、外部固定磁気回路15と組み合わされてVCM (Voice Coil Motor: ボイス・コイル・モータ)を構成し、前記可動コイル12に所定の駆動電流を印加することにより駆動力を発生して、前記磁気ヘッド支持機構5をシーク方向(図19(b)の矢印A)へ円弧軌道で回転駆動し、磁気ヘッド1を媒体上の目標トラックへ位置決めさせる。ここでいう位置決め動作とは、磁気ヘッドを任意のトラック位置から目標のトラック位置へと移動させるシーク動作(トラッキング)と、磁気ヘッドを目標のトラック上に追従させておくフォロー動作(フォロ잉)とに分けられる。

【0004】このように従来の磁気ヘッド位置決め機構は1つのVCMで複数の磁気ヘッドを同時に駆動するため、位置決め精度とリわけフォロ잉におけるトラック追従精度が十分ではなく、前述のように1μm以下の狭トラックピッチが要求される高TPIの装置には対応できなくなりつつある。そこで、VCMによるキャリッジ駆動とは独立して、各々の磁気ヘッドを個別に駆動させる2ステージアクチュエータの研究が進められてい

る。この2ステージアクチュエータは個別に駆動させる部位によって大きく3種類に大別できる。すなわち磁気ヘッド部を個別駆動させるヘッド素子駆動方式(図20)、スライダ部を個別駆動させるスライダ駆動方式(図21)、および磁気ヘッド支持機構(HGA)部を個別駆動させるHGA駆動方式(図22及び図23)である。

【0005】図20に示すヘッド素子駆動方式は、マイクロマシン技術を応用してスライダA1内に歯輪構造を有する静電駆動型のリニアアクチュエータA2を埋め込んだものであるが、加工難度が高いため歩留まりが悪く、また可動方向に衝撃が加わると容易に変位あるいは破壊してしまう欠点があり未だ実用化に至っていない。なお、図20においてA3は磁気ヘッド、A4は磁気ヘッド支持機構(サスペンション)である。

【0006】図21に示すスライダ駆動方式は、シリコンマイクロジンバルB1とプレーナ型電磁駆動方式のピギーバック・マイクロアクチュエータB2を組み合わせた構造であるが、誘導磁界を発生させるコイルパターン層を厚く加工できないため十分な駆動力が得られないといった課題を抱えている。

【0007】最後に図22、図23に示すHGA駆動方式であるが、これはHGA駆動用アクチュエータの発生力が磁気ヘッドの加速度に比例するか変位に比例するかによって、カー加速度型(高コンプライアンス型: 図22)とカー変位型(高スティッフネス: 図23)の2種類に分けられる。

【0008】図22に示すカー加速度型(高コンプライアンス型)の2ステージアクチュエータでは、HGA接合部に小型VCMを構築して電磁力により磁気ヘッドを回転駆動させるタイプが主流であり、マイクロアクチュエータの軸受け部に十字形の板バネC1やI形の板バネ(特願平09-260680号公報)を配置して小型VCMの駆動力により板バネを撓ませてHGAを回転駆動させるものである。このカー加速度型の2ステージアクチュエータ(小型VCMタイプ)の場合、比較的小電流で大きな駆動ストロークが得られる一方で、軸受けバネ(十字形バネ/I形バネ)の回転剛性を強くできないために低周波数帯域でアクチュエータ主共振(軸回転モード)が現れサーボ帯域を狭くするといった課題を抱えている。また、デジタルコントローラを用いる場合には、後述するカー変位型の2ステージアクチュエータとは異なり1段目と2段目のアクチュエータの相対変位を検出するセンサが必要になるためシステムが複雑化するという問題もある。

【0009】一方、図23に示すカー変位型(高スティッフ型)の2ステージアクチュエータは、ホルダアームD1とHGA部D4との接合位置に圧電素子D2を配置し圧電効果を利用してHGA部D4を駆動させるものであり、同図に示すように圧電素子D2をホルダアームD



1の先端部に直接埋め込んで、おなじくホルダアームD1の先端部に一体成型で構成した一対の平行板パネD3を圧電素子D2の歪により撓ませて先端部に取り付けたHGA部D4を駆動させている。

【0010】また最近では、図24に示すように、ホルダアームとHGAとの間に小型のアクチュエータ・スプリング8を配置し、その上に一対の圧電素子16を固定してアクチュエータ・スプリング8を撓ませて端部に接続したHGAを駆動させるタイプや、図25に示すように、圧電素子E1の厚み滑り振動(1・5モード)を利用してHGA部E2を駆動させるタイプなどが発表されている。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】これらカー変位型の2ステージアクチュエータは、サーボシステムの構築が容易であり高速動作が可能でかつ高剛性に設計できるためサーボ帯域を広くとれるといった利点があるが、圧電素子の変位ストロークが小さいため2段目のアクチュエータによるヘッド可動範囲が狭くなりトラック追従性能に制限を受けるといった欠点がある。このような場合、磁気ヘッドの駆動範囲を広げるためには駆動倍率(圧電素子の変位量に対する磁気ヘッドの駆動量)が大きくなるようにアクチュエータ・スプリングを設計する必要があるが、そうすると今度はアクチュエータ支持剛性が低くなり耐衝撃性能や長期信頼性(ロード/アンロード耐久性等)が犠牲になる。また、圧電素子の発生力は素子部の断面積(および印加電圧)に比例するため十分な駆動力を得るには圧電素子の厚みを大きくする必要があるが、その場合には2ステージアクチュエータの実装高さが大きくなり狭板間への実装が困難になってくる。

【0012】本発明は上述した事情に基いてなされたものであり、その目的は、例えば、10Gb/in<sup>2</sup>を超える高記録密度の磁気ディスク装置において、トラック密度25kTPI以上の狭トラックピッチ(トラックピッチ1μm以下)でも追従可能で、かつサーボ帯域3kHz以上を確保できるような、高速・高精度な磁気ヘッド位置決め機構を提供することにある。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッド支持機構と2ステージアクチュエータを備え、前記磁気ヘッド支持機構は、磁気ヘッドを搭載したスライダを支持するように構成され、前記2ステージアクチュエータは、磁気ヘッド支持機構を前記磁気ヘッドのシーク方向に微小量変位させるファインアクチュエータ部と、前記ファインアクチュエータ部をボイスコイル・モータにより前記磁気ヘッドのシーク方向に変位させるコースアクチュエータ部とから構成される。前記ファインアクチュエータ部は、前記磁気ヘッド支持機構を支持する薄板状のアクチュエータ・スプリングと2つの圧電素子を有してなり、前記磁気ヘッド支持

機構の前記磁気ヘッドのシーク方向への微小量変位は、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって行われることを特徴とする。そのため、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって、前記ファインアクチュエータ部に接続された磁気ヘッド支持機構をシーク方向に微小駆動させ、各々の磁気ヘッドを個別に位置決め制御させることにより高精度なトラック追従動作(フォローイング)を行うことができる。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】次に、本発明の磁気ヘッドスライダ位置決め機構の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。まず、第1の実施の形態について図面を参照して説明する。図1(a)、(b)、(c1)、(c2)は、第1の実施の形態を示す平面図、側面図、要部側面図、要部平面図である。図2(a)、(b)および(c)は、第1の実施の形態のファインアクチュエータ部の詳細を示す平面図、側面図およびアクチュエータ・スプリングの平面図である。図3(a)および(b)は、同じく第1の実施の形態の構成を示す斜視図である。また、図4(a)および(b)は、アクチュエータ・スプリング部の構造と動作原理を示す平面図および側面図である。図5(a)および(b)は圧電素子による駆動方法を示す平面図である。図6(a)、(b)は前記および(c)はファインアクチュエータ動作時のスプリング挙動を示す変位図である。図7(a)および(b)は圧電素子の変位量(歪量)と磁気ヘッドの駆動距離を示すグラフ(シミュレーション)と振動特性を示す特性線図である。また、図8(a)は、第1の実施の形態におけるアクチュエータ・スプリングの平面図である。

【0015】図1において、磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッド支持機構5と、ファインアクチュエータ部6およびコースアクチュエータ部7からなる2ステージアクチュエータとから構成されている。ファインアクチュエータ部6は、アクチュエータ・スプリング8と圧電素子16から構成され、図中ホルダアームかしめ位置10(特許請求の範囲の第2支持部に相当)においてコースアクチュエータ部7を構成するホルダアーム11に接続される。また、複数のホルダアーム11からなるアームブロック(キャリッジ)13は、その一端に可動コイル12を有し、図示せぬ外部固定磁気回路と組み合わせられてVCMを構築しコースアクチュエータ部7を形成している。

【0016】一方、図2(a)、(b)に示すように、前記磁気ヘッド支持機構5は、磁気ヘッド1を搭載した浮上型もしくは接触型のスライダ2と、それを支持する

ジンバルスプリング3ならびにスライダ2に押圧力を付与するためのロードビーム4から構成されている。そして、スライダ2を記録媒体26に対向する向きにして前記アクチュエータ部6にサスペンションかきめ位置9(特許請求の範囲の第1支持部に相当)において接続されている。また、図2(c)に示すように、前記アクチュエータ部6のアクチュエータ・スプリング8は、サスペンションかきめ位置9とホルダアームかきめ位置10との間において、2本の長いI形のサイドスプリング17と1本の短いI形のセンタスプリング18とを有している。

【0017】前記センタスプリング18は、アクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸上に位置し、前記2本のサイドスプリング17は前記センタスプリング18を間に挟んでアクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸に直交する向きに直列に配置される。このとき、図2(c)に示すように、前記アクチュエータ・スプリング8のサイドスプリング17およびセンタスプリング18とホルダアームかきめ位置9との間には、駆動隙間25が形成されている。そして、図3(a)に示すように、この駆動隙間25を跨ぐ形で直方体形状の1対の圧電素子16が前記アクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸を挟んでその長手軸に沿う方向に平行に配置されている。アクチュエータ・スプリング8の上において、各圧電素子16は、その駆動方向の両端部が図2(c)中に斜線領域で示す圧電素子接着位置21、22(特許請求の範囲の第1、第2支持部の箇所に相当)にそれぞれ接着されて固定されている。ここで、上記駆動隙間25は、圧電素子16が接着固定される圧電素子接着位置21、22の間に形成されている。

【0018】アクチュエータ・スプリング8にはSUS304などの靱性を有する材料を用い、図4(a)に示すように、アクチュエータ・スプリング8を形成するセンタスプリング18の短いI形バネはバネ長(Ls)とバネ幅(Ws)がほぼ等しくなるように設定し、2本のサイドスプリング17の細長いI形バネはバネ幅(Ws1、Ws2)に比べてバネ長(Ls1、Ls2)が十分長くなるように設定しておくことが望ましい。このとき、センタスプリング18およびサイドスプリング17のバネ幅は細いほど回転剛性を低く設計できるため、圧電素子の駆動損失を小さく抑えることができるが、あまり細すぎると面内並進剛性も低くなるためアクチュエータ主共振を高く設定できなくなる。また、アクチュエータ・スプリング8の板厚(ta)は耐衝撃性や磁気ヘッド支持機構5のロード／アンロードによる反りが圧電素子に与えるストレスの影響(ロード／アンロード耐久性)を考慮した場合、実装の許す範囲内で厚く設定することが望ましいが、あまり厚くしすぎるとセンタスプリング18やサイドスプリング17のバネ幅(Ws、Ws1、Ws2)を細く加工できなくなってしまう。例えば、アクチュエータ・スプリング8の板厚をta=200μmに設

定した場合、エッチング加工を用いた場合にはセンタスプリング18、サイドスプリング17のバネ幅はともに板厚程度の200μmまでしか加工できない。ワイヤカット等により加工する場合にはその制限は適用されないが生産性が低くなりコストが上がるので注意が必要である。

【0019】また、図4(a)に示すように、センタスプリング18の磁気ヘッド1側の端部と、サイドスプリング17の圧電素子16側の側縁部との位置関係を示す距離をLDとすると、この距離LDを小さくしてセンタスプリング18とサイドスプリング17を近づければ回転剛性が低くなりヘッド駆動倍率(圧電素子の変位量に対する磁気ヘッドの駆動量)は上昇するが、同時にアクチュエータの主共振は低下する。逆に、距離LDを大きくしてセンタスプリング18とサイドスプリング17を離せば、駆動軸がセンタスプリング上から磁気ヘッド側へシフトするためヘッド駆動倍率が減少するが、アクチュエータ主共振は高く設計できる。すなわち、センタスプリング18の磁気ヘッド1側の端部と、サイドスプリング17の圧電素子16側の側縁部とを近接させることで磁気ヘッドの駆動倍率を大きく設定することが可能となり、サイドスプリング17の圧電素子16側の側縁部とを離間することでアクチュエータ主共振を高く設定することが可能となる。

【0020】一方、磁気ヘッドの微小駆動に用いる圧電素子には、縦効果素子や横効果素子、あるいはスタック形積層縦効果素子等が利用できる。電気的結線の加工性を考慮すれば横効果素子が使いやすいが、コスト的な制約が緩い場合には低電圧での利用が可能な積層タイプの圧電アクチュエータ(スタック形積層縦効果素子)を用いても良い。横効果素子を利用する場合、応力の負荷がされていない状態での圧電定数dは以下の(1)式により求められる。

【0021】

【数1】

$$d = k \sqrt{\frac{\epsilon T}{Y E}} \quad (\text{m/V}) \quad \dots \dots (1)$$

【0022】ここで、kは電気機械結合係数、εは誘電率、YEはヤング率(N/m<sup>2</sup>)、Tは温度(K)である。

【0023】この圧電定数dを用いて電界及び素子断面から発生力が算出されるが、このとき圧電素子の変位量(歪量)は固定部を除いた自由長(以下、駆動長さ)に比例するため、回路上の制約により駆動電圧を高く設定できない場合には、磁気ヘッド可動範囲を十分広く確保するために圧電素子の駆動長さを大きく設定しておくことがよい。例えば、チタン酸鉛やチタン酸ジルコニウム系のセラミック材料のソフト材を用いた横効果素子の場合、圧電素子の駆動変位(歪)は駆動長の0.05%程度となる。

り、駆動長2mmの圧電素子に30Vの電圧を印加した場合、圧電素子の変位量(歪量)は $0.16\mu\text{m}$ 程度であるが、駆動長4mmの圧電素子を用いた場合には $0.32\mu\text{m}$ の変位を得ることができる。

【0024】この圧電素子の駆動長さを決定するのは、アクチュエータ・スプリング8の中央に設けられた駆動隙間25(Lp:図4(b)参照)であり、磁気ヘッドの駆動範囲を広く確保するためにはアクチュエータ・スプリングの剛性を落とさない範囲内でこの駆動隙間25を長く設定しておけばよい。このような圧電素子16を2本1組として、図2(a)、(b)および(c)に示すように、アクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸を挟んで圧電素子16の長手方向(歪み方向)をアクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸と平行方向に配置する。このとき、各圧電素子16のアクチュエータ・スプリング8への接続位置は、図2(c)の斜線部に示すように駆動隙間25を跨いでホルダアームかしめ位置側とサスペンションかしめ位置側の2カ所に各々用意しておく。このうち、ホルダアームかしめ位置側の接続位置(圧電素子接着位置21)はホルダアーム11と干渉しない位置であればよいが、サスペンションかしめ位置側の接続位置(圧電素子接着位置21)はサイドスプリング17とセンタスプリング18との間の位置となるように設定しておくことが望ましい。

【0025】圧電素子16とアクチュエータ・スプリング8との接続には接着剤が用いられるが、圧電素子の配線方法(グラウンドをアクチュエータ・スプリングに取るか否か)によって導電性の接着剤を用いるか絶縁性の接着剤を用いるかが変わってくる。また、圧電素子の接着面積については、第1の実施の形態のようにアクチュエータ・スプリングの上に乗せて接着する場合には、圧電素子の駆動力が接着剤を介してアクチュエータ・スプリングに伝えられるため接着面積はできるだけ広く取ることが望ましいが、接着部長さが長すぎると限られたアクチュエータ・スプリング内で十分な駆動長さが確保できなくなる。前後の接着部長さは圧電素子長の20~40%程度が適当である。

【0026】このようにアクチュエータ・スプリング8に接続された一対の圧電素子16は図4(a)中のD、Eを作用点として交互に駆動し、Cのセンタスプリング18を回転させるとともに、A、Bのサイドスプリング17をサイドスプリング長手軸に直角方向へ撓ませることにより磁気ヘッド支持機構5をシーク方向へ微小駆動させる(図4(a)参照)。このとき、アクチュエータ・スプリング8の上部に乗った圧電素子16は、圧電素子接着位置21における接着剤を介してアクチュエータ・スプリング8へ駆動力を伝達し、3つのスプリング(センタスプリング18およびサイドスプリング17)を変位させている(図4(b)参照)。

【0027】ところで、2本の圧電素子を用いて磁気ヘ

ッドを駆動させる場合、その駆動方式には2種類が考えられる。1つは図5(a)に示すような両側駆動方式で、もう1つは同図(b)に示す片側駆動方式である。両側駆動方式の場合、図5(a)の(i)に示すようにニュートラルの状態では圧電素子AおよびBの両方に同電圧(初期電圧:図中では15V)を与えておき、ヘッド駆動時には図5(a)の(ii)、(iii)に示すように、一方の圧電素子に0Vを、他方の圧電素子にはニュートラル時の2倍の電圧(図中では30V)を印加する。これにより片側(0V)の圧電素子を伸長させ、他方(30V)の圧電素子を縮小させるといった差動での動作が可能となりヘッド駆動倍率を上げることができる。片側駆動方式の場合には、図5(b)の(i)に示すようにニュートラルの状態では圧電素子16Aおよび16Bには電圧をかけないでおき(初期電圧=0V)、ヘッド駆動時には、図5(b)の(ii)、(iii)に示すように、駆動側の圧電素子にのみ電圧を印加(図中では30V)し、反対の圧電素子には電圧をかけないでおく。この場合、片方の(駆動側の)圧電素子のみが変位し、他方は固定されたままとなる。このような駆動方式の場合、ヘッド駆動倍率は前記両側駆動方式に比べて約1/2になるが、ニュートラルの状態で電圧を印加しておく必要がないため初期状態で圧電素子によるアクチュエータ・スプリングへの影響(初期応力等)が少なく、また加工性(生産性)・省電力性に優れる。

【0028】図6は、第1の実施の形態のファインアクチュエータに圧電素子の駆動力が作用したときのアクチュエータ・スプリングの挙動をシミュレーションにより解析した結果を示している。アクチュエータ・スプリングには板厚 $200\mu\text{m}$ のSUS304を、圧電素子にはPZT( $L \times W \times t = 2.5\text{mm} \times 1.0\text{mm} \times 0.2\text{mm}$ )を用いており30V印加相当の駆動力(80gf)を負荷させている。圧電素子の変位により、センタスプリングを軸にサイドスプリングが撓んで磁気ヘッド支持機構が駆動されているのが判る。

【0029】図7(a)は、第1の実施の形態のアクチュエータ・スプリングを用いた場合の圧電素子駆動変位に対する磁気ヘッドの駆動距離の関係を示しており、横軸に圧電素子駆動変位量( $\mu\text{m}$ )を、縦軸に磁気ヘッド駆動距離( $\mu\text{m}$ )を示している。また、同図(b)は本実施例のファインアクチュエータ部の周波数特性を示しており、横軸に周波数(Hz)を、縦軸にゲイン(dB)を示している。いずれもシミュレーションによる解析結果である。図24で紹介した従来の2ステージアクチュエータ(本実施例と同様に2本の圧電素子によりアクチュエータ・スプリングを撓ませてHGAを駆動するタイプ)に比べて、本実施例の2ステージアクチュエータは磁気ヘッドの駆動倍率(どちらも両側駆動方式で評価)が大きく、同時にアクチュエータ主共振(Sway)も高く設計できているのがわかる。すなわち、高周波数帯

域まで共振ピークの現れない良好な振動特性を得ることができる。

【0030】図24で示した従来の2ステージアクチュエータは、一对の圧電素子を使ってアクチュエータ・スプリングを撓ませてHGAを駆動するといった点では、本発明の2ステージアクチュエータと共通であるが、圧電素子をアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸に直角に配置している点で本発明の2ステージアクチュエータとは異なる。この従来の2ステージアクチュエータの場合、アクチュエータ・スプリングの幅方向に2本の圧電素子が縦に並んで配置されるため、アクチュエータ・スプリングの全幅よりも圧電素子の駆動長さを大きくとることができない。したがって、圧電素子の変位量を増やすことが難しく磁気ヘッドの駆動範囲を広くとれないといった欠点がある。これに対して本発明の2ステージアクチュエータは、一对の圧電素子をアクチュエータ・スプリング長手軸方向に沿って平行に配置しているため、前記従来の2ステージアクチュエータに比べて圧電素子を大きくする（駆動長を長くする）ことができるため、圧電素子の変位量を増やして磁気ヘッドの駆動範囲を広げることが容易である。

【0031】また、前記従来の2ステージアクチュエータのアクチュエータ・スプリング部は、本発明のアクチュエータ・スプリングと同様に一对のサイドスプリングをアクチュエータ・スプリング長手軸に直角に左右端に直列配置し、1本のセンタスプリングを長手方向の中心軸上に配置している点では共通であるが（図24参照）、本発明の2ステージアクチュエータでは、センタスプリングをサイドスプリングに比べて極端に短い（幅と長さがほぼ等しい）I形の板バネを用いている点で違っており、また圧電素子による駆動力の作用点をセンタスプリングよりもホルダアーム側に設定している点でも異なっている。本発明の2ステージアクチュエータは、これらによって回転軸をセンタスプリング上に設定することができ磁気ヘッドの駆動倍率を上げることができる。さらに、短いI形の板バネを駆動軸上に配置するアクチュエータ・スプリング構造は前記従来の2ステージアクチュエータに比べて面内回転剛性を小さくしたまま面外剛性を強く設定できるため、HGA駆動時の面外運動（ロール／ピッチ方向への逃げや媒体垂直方向への反りなど）を抑えて駆動力の損失を極力小さくすることができるとともに、耐衝撃性やロード／アンロード耐久性を確保することが可能になっている。

【0032】次に、第2の実施の形態について図面を参照して説明する。図8(a)は、第2の実施の形態におけるアクチュエータ・スプリングの平面図である。第1の実施の形態では、アクチュエータ・スプリング8に設けたセンタスプリングを、アクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸上に配置された1本の短いI形の板バネで形成した。これに対して、第2の実施の形態で

は、センタスプリング18を、2本のサイドスプリング17と平行方向に延在するように、すなわちアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸と直交する方向に延在するように配置している。このとき、前記一对のセンタスプリング18は前記サイドスプリング17よりもホルダアーム側（特許請求の範囲の第2支持部に近い箇所に相当）に配置され、また前記サイドスプリングよりもアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸寄りに配置されている。このとき、一对の圧電素子16はアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸を挟んで平行に配置され、センタスプリング18とサイドスプリング17の間に圧電素子接着位置21の一端がくるようになっている。第2の実施の形態では、圧電素子の駆動変位を2本の長いI形の板バネであるサイドスプリングと2本の短いI形の板バネであるセンタスプリングの撓みにより受ける構造であるため、HGA支持剛性が格段に強くなる。したがって、高周波数帯域までアクチュエータ共振を抑えたい場合や、面外剛性を下げずに良好な周波数特性を維持しながらアクチュエータ・スプリングの板厚を薄くしたいような場合に有効である。

【0033】次に、第3の実施の形態について図面を参照して説明する。図8(b)は、第3の実施の形態におけるアクチュエータ・スプリングの平面図である。前記第1の実施の形態では、アクチュエータ・スプリングに設けたサイドスプリングをアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸に直角方向へ直列に配置したが、第3の実施の形態では、サイドスプリング17をHGA側に向かって開口する「ハ」の字形に配置し、アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟んで平行に配置していた一对の圧電素子16をホルダアーム側に向かって開口する「ハ」の字形に配置している。すなわち、前記センタスプリング18は、前記中心軸上で前記中心軸方向に延在し、前記2本のサイドスプリング17は、前記中心軸を挟む箇所で、前記第2支持部側の間隔よりも前記第1支持部側の間隔が大となるように前記中心軸と交差する方向に延在している。そして、前記2つの圧電素子16は、前記アクチュエータ・スプリング上において前記中心軸を挟む箇所で、前記第1支持部側の間隔よりも前記第2支持部側の間隔が大となるように前記圧電素子16の駆動方向が前記中心軸と交差するように設けられている。さらに、前記中心軸に対して同じ側に位置する前記サイドスプリング17と圧電素子16は、前記サイドスプリング17の延在方向と前記圧電素子16の前記駆動方向とがほぼ直交して交差するように構成されている。

【0034】このように圧電素子をその駆動方向がアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸に対して斜めとなるように配置することにより、駆動長さをより長くとることができるため磁気ヘッドの駆動範囲を広げることが可能になる。また、サイドスプリング17の延在

方向と圧電素子16の駆動方向とが直交して交差するように構成することで、圧電素子16の駆動力をサイドスプリングの17の板バネの撓み方向へ垂直に作用させて駆動損失を抑えるとともにアクチュエータ・スプリングをコンパクトに設計することが可能になる。

【0035】次に、第4の実施の形態について図面を参照して説明する。図9(a)、(b)および(c)は、第4の実施の形態における2ステージアクチュエータを示す斜視図である。図10(a)および(b)は、第4の実施例における圧電素子接続部の詳細を示す斜視図および側面図である。図11(a)および(b)は、第4の実施例における2ステージアクチュエータの構造を説明した平面図、側面図および構成図である。また、図12(a)および(b)は、第4の実施例における2ステージアクチュエータのファインアクチュエータ部への圧電素子の接続例を説明した側面図である。

【0036】図9乃至図11に示すように、第4の実施の形態では、ファインアクチュエータ部6のアクチュエータ・スプリング8を上部アクチュエータ・スプリング19（特許請求の範囲の第1スプリング部に相当）、下部アクチュエータ・スプリング20（特許請求の範囲の第2スプリング部に相当）に分けて、すなわち上下2枚の薄い鋼板に分けて形成している。そして、上下2枚の薄い鋼板に分けて形成されたアクチュエータ・スプリング8のうち、下部アクチュエータ・スプリング20には1本の短いI形の板バネ形状からなるセンタスプリング18のみをアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸上に配置している。一方、上記アクチュエータ・スプリング8のうち、上部アクチュエータ・スプリング部19には一対の長いI形の板バネ形状からなるサイドスプリング17のみをアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸に直交する向きに直列に配置している。そして、これら上部アクチュエータ・スプリング19、下部アクチュエータ・スプリング20を貼り合わせて接合することによって、1枚のアクチュエータ・スプリング8を形成したとき、下段にセンタスプリング18が上段に、サイドスプリング17が構成されることになる。

【0037】なお、第4の実施の形態では、上部アクチュエータ・スプリング19にサイドスプリング17を、下部アクチュエータ・スプリング20にセンタスプリング18を設定したがサイドスプリング17とセンタスプリング18を設ける箇所は逆でも構わない。上部と下部のアクチュエータ・スプリングの接合には接着剤を用いても良いが、磁気ヘッド支持機構の接合で用いられるレーザスポット溶接を利用してもよい。このとき、図12(a)に示すように、上部アクチュエータ・スプリング19の板厚( $t_1$ )と下部スプリング20の板厚( $t_2$ )は等しくなるように設定し、上下2枚のアクチュエータ・スプリングを貼り合わせて1枚のアクチュエータ・スプリングを形成したときの板厚( $t_1 + t_2$ )は前

記第1の2ステージアクチュエータの板厚( $t_a$ )と等しくなるようにしておく。

【0038】また、図10(b)に示すように、下部アクチュエータ・スプリング20の駆動隙間( $L_{pL}$ )（特許請求の範囲の第2駆動隙間に相当）は、上部アクチュエータ・スプリングの駆動隙間( $L_{pU}$ )（特許請求の範囲の第1駆動隙間に相当）よりも圧電素子接着長さ相当だけ短くなるように設定し、かつ上部アクチュエータ・スプリングの駆動隙間( $L_{pU}$ )の長さは圧電素子の駆動方向の長さと同しくなるように設定しておく。このため、駆動用の一対の圧電素子16は下部アクチュエータ・スプリングの上に駆動隙間( $L_{pL}$ )を跨ぐ形で乗り、同時に上部アクチュエータ・スプリングの駆動隙間( $L_{pU}$ )の間に挟まれる形で接続される（図10(b)参照）。換言すれば、第1、第2駆動隙間の一方が他方より広く設定されることで前記第1、第2支持部の箇所それぞれ段部が形成されている。そして、圧電素子16の前記アクチュエータ・スプリングに対する固定は、圧電素子16の駆動方向の一端と他端が前記段部にはめ込まれた状態で行われている。

【0039】これにより、例えば、図12(a)に示すように、圧電素子16の接着面積を素子の下面と垂直端面の両方で確保できるため、圧電素子の接合が強固になり接着剤滑りによる駆動損失を抑えることができるとともに、上部アクチュエータ・スプリングの板厚分( $t_1$ )だけ実装高さを低く抑えることができる。あるいは、逆に実装高さをそのままにして圧電素子の厚み( $t_{PZT}$ )を増やすことにより、(素子の断面積に比例する)発生力を大きくすることができるとともにファインアクチュエータ駆動部の剛性を強くすることができ、耐衝撃性や信頼性に優れた2ステージアクチュエータを提供することができる。

【0040】図12(a)の例では、前記上部アクチュエータ・スプリングと下部アクチュエータ・スプリングの板厚を同じとしたが、図12(b)に示す例では、前記上部アクチュエータ・スプリングと下部アクチュエータ・スプリングの板厚を違えており、下部アクチュエータ・スプリングの板厚( $t_2$ )は上部アクチュエータ・スプリングの板厚( $t_1$ )に比べて小さくなるように設定している。この場合でも上部・下部のアクチュエータ・スプリングを貼り合わせたときのアクチュエータ・スプリング8の板厚( $t_a$ )は前記第1乃至第3の実施の形態の場合と同じになるようにしておく。

【0041】これにより、前述したような上部、下部アクチュエータ・スプリング19、20の駆動隙間の大きさを異ならせることによって形成される段部における圧電素子16の上部、下部アクチュエータ・スプリング19、20の箇所に対する接合面積、(特に垂直端面)はさらに広くなり、駆動力の損失を抑えることができるとともに、圧電素子そのものをより厚く設計できるため十分



に強い発生力が得られる。また、圧電素子の厚みを変更しない場合には、実装高さを小さく設定できるため狭板間への実装が可能になる。なお、この場合、下部アクチュエータ・スプリングの板厚 ( $t_2$ ) は上部アクチュエータ・スプリングの板厚 ( $t_1$ ) に比べて小さくなるように設定されるため、下部アクチュエータ・スプリングの剛性は、図12 (a) の場合に比較して、板厚の減少により低下しているため、バネ幅 ( $W_0$ ) を広く設定するなどして剛性の調整を行う必要がある。

【0042】次に、第5の実施の形態について図面を参照して説明する。図13の(a)、(b)および(c)は、第5の実施の形態における2ステージアクチュエータの構造を示す斜視図および構成図である。図14

(a)、(b)および(c)は、第5の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す平面図、側面図および組立を説明する説明図である。図15 (a)、(b)および(c)は、第5の実施の形態の2ステージアクチュエータにおける圧電素子の接続を説明した側面図である。

【0043】図13に示すように、磁気ヘッド支持機構5はロードビーム部4を備えて構成されている。ロードビーム部4は、1枚の鋼板で形成されており、本体部4A、連絡部4B、補強板23から構成されている。そして、ロードビーム部4は、第1の実施の形態で設定したアクチュエータ・スプリング8のセンタースプリング部18およびサイドスプリング部17を除いた部位とオーバーラップするように(重ね合わされるように)設定されている。ここで、本体部4Aは、アクチュエータ・スプリング8の第1支持部に接合され、補強板23は、アクチュエータ・スプリング8の第2支持部に接合され、連絡部4Bは、本体部4Aと補強板23を接続するように構成されている。連絡部4Bは、図13の例では、アクチュエータ・スプリング8の中心軸を挟む2箇所において前記中心軸と直交する方向に延在し、一端が本体部4Aに接続され、他端が補強板23に接続されている。このとき、前記ロードビーム4で造られた圧電素子16の駆動隙間 ( $L_{ps}$ : 図14 (b) 参照) (特許請求の範囲のロードビーム側駆動隙間に相当) は、前記アクチュエータ・スプリング8において形成される駆動隙間 ( $L_p$ : 図14 (b) 参照) よりも短くなるように設定しておく。なお、図14 (b) 参照) よりも短くなるように設定しておく。

【0044】これにより、磁気ヘッド支持機構5をアクチュエータ・スプリング8にレーザスポット溶接等により接合したとき、駆動隙間部25には、アクチュエータ・スプリング8を上段にロードビーム部4を下段にした状態で、ロードビーム4の本体部4Aと補強板23の一端部が駆動隙間25 ( $L_p$ ) から突き出た形で圧電素子接着位置部21を構成している。このとき、圧電素子接着位置部21を側面からみるとアクチュエータ・スプリング8とロードビーム4 (および補強板23) の鋼板とで、L字形の接続部位が形成されていることになる (図14、50

(b) 参照)。このL字形の圧電素子接着位置部21に駆動用の圧電素子16を埋め込み、素子の底面と垂直端面を接着剤等により固定することによってアクチュエータ・スプリング8 (およびそれに接合されているロードビーム4) と圧電素子16とを接合する。換言すれば、本体部4Aと補強板23の間でアクチュエータ・スプリングの前記駆動隙間に対応する箇所の前記駆動隙間  $L_p$  よりも狭いロードビーム側駆動隙間  $L_{ps}$  が形成されることで前記第1、第2支持部の箇所にそれぞれL字形の接続部位 (段部) が形成されている。そして、圧電素子16の前記アクチュエータ・スプリングに対する固定は、前記圧電素子16の駆動方向の一端と他端が前記L字形の接続部位にはめ込まれた状態で行われる。

【0045】また、前記ロードビーム4と補強板23とは初め1枚の鋼板で形成しておき、磁気ヘッド支持機構5をアクチュエータ・スプリング8に接合 (組み立て) した後 (このとき補強板23の部位もロードビーム部4と同様アクチュエータ・スプリング8に接合する) に、ロードビーム部4と補強板23とを接続する連絡部4Bを切除するようにすれば加工が容易である (図14 (c) 参照)。

【0046】これにより、第5の実施の形態においても、第4の実施の形態の場合と同様に、圧電素子16の接着部位を素子の下面と垂直端面の両方で確保できるため接合が強固になり接着剤滑りによる駆動損失を抑えることができるとともに、アクチュエータ・スプリング8の板厚分 ( $t_a$ ) だけ実装高さ (図15 (a) 参照) を低く抑えることができる。あるいは、逆に実装高さをそのままにしておき圧電素子16の厚み ( $t_{PZT}$ ) を増やすことにより駆動部の発生力を大きくすることができる (図15 (b) 参照)。また、図15 (c) に示すように、アクチュエータ・スプリングの厚みを厚くしてファイナクチュエータ駆動部の剛性も強くすることができるため耐衝撃性や信頼性に優れた2ステージアクチュエータを提供することができる。あるいは圧電素子の厚みを変更しない場合、実装高さを小さく設定することができるため狭板間への実装が容易になる。

【0047】次に、第6の実施の形態について図面を参照して説明する。図16 (a)、(b) および (c) は、第6の実施の形態における2ステージアクチュエータの構造を示す斜視図および構成図である。図17 (a)、(b) は、第6の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す平面図、構成図である。図18 (f)、(g)、(h) および (i) は、第6の実施の形態の2ステージアクチュエータの動作原理を説明した平面図および側面図である。

【0048】図16において、第4の実施の形態の場合と同様に、同様にアクチュエータ・スプリング8を上下2枚の薄い鋼板で形成し、このうち上部アクチュエータ・スプリング19には一対の長いI形のサイドスプリン

グ17のみをアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸に直交する向きに直列に配置している。一方、下部アクチュエータ・スプリング20には、1本の短いI形のセンタスプリング18のみをアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸上に配置している。これら上部アクチュエータ・スプリング19、下部アクチュエータ・スプリング20を貼り合わせて1枚のアクチュエータ・スプリング8を形成している。このとき、下段にはセンタスプリング18が、上段にはサイドスプリング17が構成されることになる。

【0049】また、上部アクチュエータ・スプリング19には第4の実施の形態の場合と同様に駆動隙間25を設けるが、下部アクチュエータ・スプリング20には駆動隙間は設定しないでおく。前記下部アクチュエータ・スプリング20の長手方向の中心軸を挟んでセンタスプリング18よりホルダアーム側の箇所（特許請求の範囲の第2支持部の箇所に相当）に一对の滑りモード（1：5モード）で駆動する圧電素子16の下面（特許請求の範囲の端面に相当）を接着する。一方、磁気ヘッド支持機構5を構成するロードビーム部4のサスペンションかしめ位置9から後端部には、前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟んでホルダアーム側に伸長する2つの圧電素子接着スペース26（特許請求の範囲の固定部に相当）が設けられている。圧電素子接着スペース26は、前記下部アクチュエータ・スプリング20の箇所とアクチュエータ・スプリングの厚み方向に間隔をおいて対面するように構成されている。そして、圧電素子16は、圧電素子接着スペース26と前記下部アクチュエータ・スプリング20に挟まれた状態で、前記圧電素子16の上面（特許請求の範囲の端面に相当）が圧電素子接着スペース26に接着される。

【0050】この滑りモード（1：5モード）で駆動する圧電素子16は、図18に示すように下面を固定して電圧をかけたとき上面が前後に滑るように駆動するため、（駆動方向の）長さが短く幅が広い正方形に近い投影面形状になるので前記圧電素子接着スペース26には十分な接着面積を確保しておくことが望ましい。また、前記圧電素子16の厚み（ $t_{PZT}$ ）と前記上部アクチュエータ・スプリング19の板厚（ $t_1$ ）とは等しくなるように設定しておき、前記ロードビーム4の圧電素子接着スペース20と圧電素子16の上面とは同一平面内になるように留意する。このように滑りモード（1：5モード）で駆動する一对の圧電素子を利用して2ステージアクチュエータを構築する場合、ニュートラルの位置では圧電素子Aと圧電素子Bとの両方に一定の電圧（初期電圧：図18（i）、中では15V）を印加しておき、磁気ヘッド駆動時には片方の圧電素子を0Vに、他方をニュートラル時の2倍の電圧（図18（ii）、（iii）中では3.0V）を印加して、両方の圧電素子を差動で駆動させる。このような2ステージアクチュエータで

は、圧電素子の接着面積が大きく確保できると同時に圧電素子を上下で挟み込んで接合しているのでファイナクチュエータ駆動部の剛性を強く設計することが可能になる。

【0051】圧電素子の滑りモード（1：5モード）を利用した従来の2ステージアクチュエータでは、図25で示したようなヒンジを使って駆動するタイプがある。この場合、一对の圧電素子をホルダアーム先端部に接合するプレート上にホルダアーム長手方向の中心軸を挟んで左右に平行に並べ、圧電素子の下面を前記プレートに接合し、上面は細い2本のヒンジを有するマウント・ブロックに接合している。

【0052】このとき、前記マウント・ブロックには磁気ヘッド支持機構が接続されており、磁気ヘッドを駆動する際には図25（b）に示すように左右一对の圧電素子がHGA長手方向に交互に（滑り）駆動し、それによって前記マウント・ブロックの2本のヒンジ部が左右で交互に（前後方向へ）ずれて、磁気ヘッド支持機構をシーク方向へ微小回転駆動させている。このように細い2本のヒンジでHGAを駆動する場合、駆動倍率を稼ぐためにヒンジ部を極力細くし、かつ長手方向の中心軸へぎりぎりまで寄せて配置しなければならない。そのため、ファイナクチュエータ駆動部の面外剛性が不足しHGAに大きな押圧荷重をかけることができなくなるなど、耐衝撃性やロード／アンロード耐久性の確保等に難があった。

【0053】これに対して、第6の実施の形態における2ステージアクチュエータでは、アクチュエータ中心軸上に短い1本のI形のセンタスプリング（回転駆動）を配し、アクチュエータ左右端に長い一对のI形のサイドスプリング（撓み駆動）を配置しているため、面内回転剛性を小さく保ちつつ面外剛性を強く設定できる。したがって磁気ヘッド支持機構の高荷重設計にも対応でき、耐衝撃性やロード／アンロード耐久性を確保することが容易である。

【0054】次に第7の実施の形態について図面を参照して説明する。図17（c）は、第7の実施の形態における2ステージアクチュエータを示す平面図である。第7の実施の形態の2ステージアクチュエータでは、第6の実施の形態においてロードビーム4のサスペンションかしめ位置後端に設けていた圧電素子接着スペース27を、ロードビーム部4とは別部品のサブスペース24（特許請求の範囲の固定部材に相当）の後端部に設けている。このため、組み立ての手順としては、まず圧電素子16の下面を接続した前記アクチュエータ・スプリング8に磁気ヘッド支持機構5（ロードビーム4）を接合し、しかるのちに前記サブスペース24をロードビーム4のサスペンションかしめ位置9に接続する。ここで、サブスペース24は、ロードビーム4の本体部4Aの上部アクチュエータ・スプリング19側と反対側の箇所

に接合される。このとき、同時に前記サブスペース24の圧電素子接着スペース27の部位を前記圧電素子16の上面に接合する。第6の実施の形態のように、磁気ヘッド支持機構5とアクチュエータ・スプリング8との接合にスポット溶接を用いる場合には、圧電素子16の上面と上部アクチュエータ・スプリング19とロードビーム4とが同一面上にくるため、圧電素子16上面と圧電素子接着スペース27との接着剤による接合と、上部アクチュエータ・スプリング8とロードビーム4とのスポット溶接とを同時に行わなければならない作業性が悪い。これに対して第7の実施の形態では、圧電素子接着スペース27を有するサブスペース24を用意して磁気ヘッド支持機構5のアクチュエータ・スプリング8への組み立てと圧電素子16の接合とを別工程で行うため作業性が向上するとともに組立精度を向上させることができる。

#### 【0055】

【発明の効果】本発明の磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッド支持機構と2ステージアクチュエータを備え、前記磁気ヘッド支持機構は、磁気ヘッドを搭載したスライダを支持するように構成され、前記2ステージアクチュエータは、磁気ヘッド支持機構を前記磁気ヘッドのシーク方向に微小量変位させるファインアクチュエータ部と、前記ファインアクチュエータ部をボイス・コイル・モータにより前記磁気ヘッドのシーク方向に変位させるコースアクチュエータ部とから構成され、前記ファインアクチュエータ部は、前記磁気ヘッド支持機構を支持する薄板状のアクチュエータ・スプリングと2つの圧電素子を有してなり、前記磁気ヘッド支持機構の前記磁気ヘッドのシーク方向への微小量変位は、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって行われるように構成した。そのため、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって、前記ファインアクチュエータ部に接続された磁気ヘッド支持機構をシーク方向に微小駆動させ、各々の磁気ヘッドを個別に位置決め制御させることにより高精度なトラッキング追従動作（フォロイーキング）を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態を示す図であり、(a)は平面図、(b)は側面図、(c1)は要部側面図、(c2)は要部平面図である。

【図2】 第1の実施の形態のファインアクチュエータ部の詳細を示す図であり、(a)は平面図、(b)は側面図、(c)はアクチュエータ・スプリングの平面図である。

【図3】 本発明の第1の実施の形態における2ステー

ジアクチュエータの構成を説明した斜視図である。

【図4】 本発明の第1の実施の形態におけるアクチュエータ・スプリング部の構造と動作原理を示す図であり、(a)は平面図、(b)は側面図である。

【図5】 本発明の第1の実施の形態における2ステージアクチュエータの駆動方法を説明する平面図である。

【図6】 本発明の第1の実施の形態におけるファインアクチュエータ動作時のスプリング挙動を示す図であり、(a)、(b)はスプリング挙動を示す変位図、(c)は要部拡大図である。

【図7】 本発明の第1の実施の形態における2ステージアクチュエータの圧電素子変位に対する磁気ヘッド駆動距離の関係を示すグラフと周波数特性を示す特性線図である。

【図8】 本発明の第2、第3の実施の形態における2ステージアクチュエータを示す図であり、(a)は第2の実施の形態における2ステージアクチュエータの平面図、(b)は第3の実施の形態における2ステージアクチュエータの平面図である。

【図9】 本発明の第4の実施の形態における2ステージアクチュエータを示す斜視図である。

【図10】 本発明の第4の実施の形態における2ステージアクチュエータの圧電素子接続部の詳細を説明した図であり、(a)は斜視図、(b)は側面図である。

【図11】 本発明の第4の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を説明した図であり、(a)は平面図と側面図、(b)は構成図である。

【図12】 本発明の第4の実施の形態における2ステージアクチュエータの圧電素子接続部を示す図であり、(a)は圧電素子接続部の一例を示す側面図、(b)は他の例を示す側面図である。

【図13】 第5の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を示す図であり、(a)は組み立て状態を示す斜視図、(b)は圧電素子との関係を示す斜視図、(c)はアクチュエータ・スプリングとロードビーム部との関係を示す斜視図である。

【図14】 第5の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を示す図であり、(a)は平面図および側面図、(b)は拡大した側面図、(c)は組み立て方法を示す説明図である。

【図15】 第5の実施の形態における2ステージアクチュエータの圧電素子厚みと実装高さの関係を説明した図であり、(a)は圧電素子の厚みがアクチュエータ・スプリングの厚みと同じ場合の側面図、(b)は圧電素子の厚みがアクチュエータ・スプリングの厚みよりも厚い場合の側面図、(c)はアクチュエータ・スプリングと圧電素子の厚みが厚くかつ同じ場合の側面図である。

【図16】 第6の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を示す図であり、(a)は組み立て状態を示す斜視図、(b)は圧電素子との関係を示す斜視

図、(c)はアクチュエータ・スプリングとロードビーム部との関係を示す斜視図である。

【図17】 第6、第7の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を示す図であり、(a)は第6の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す平面図、(b)は第6の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す構成図、(c)は第7の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す側面図と構成図である。

【図18】 第6の実施の形態における2ステージアクチュエータの駆動方法を説明する説明図である。

【図19】 磁気ヘッド位置決め機構の従来例を示す平面図・側面図・動作図、および磁気ヘッド支持機構の構成を示す斜視図および平面図である。

【図20】 2ステージアクチュエータの従来例（ヘッド素子駆動方式）を示す斜視図である。

【図21】 2ステージアクチュエータの従来例（スライダ駆動方式）を示す斜視図および平面図である。

【図22】 2ステージアクチュエータの従来例（カー加速度型のHGA駆動方式）を示す斜視図および平面図である。

【図23】 2ステージアクチュエータの従来例（カー

変位型のHGA駆動方式1）を示す平面図である。

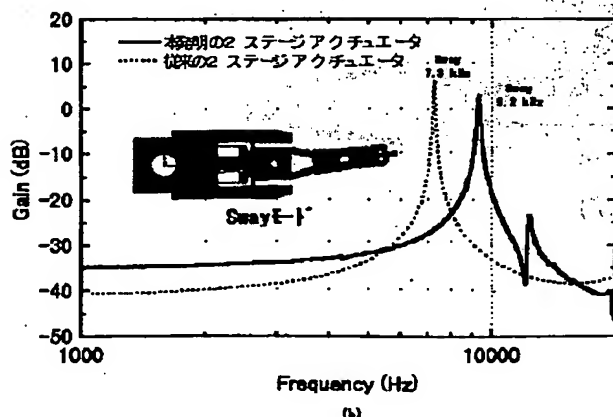
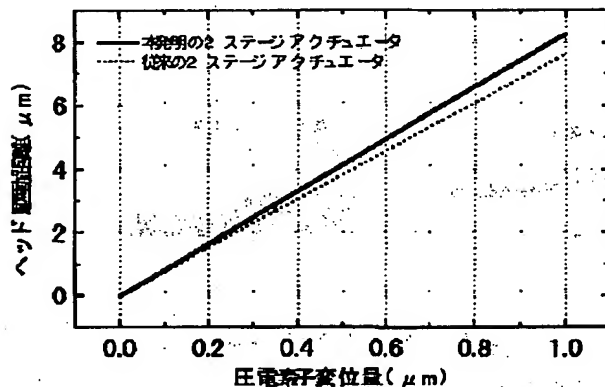
【図24】 2ステージアクチュエータの従来例（カー変位型のHGA駆動方式2）を示す説明図である。

【図25】 2ステージアクチュエータの従来例（カー変位型のHGA駆動方式3）を示す斜視図である。

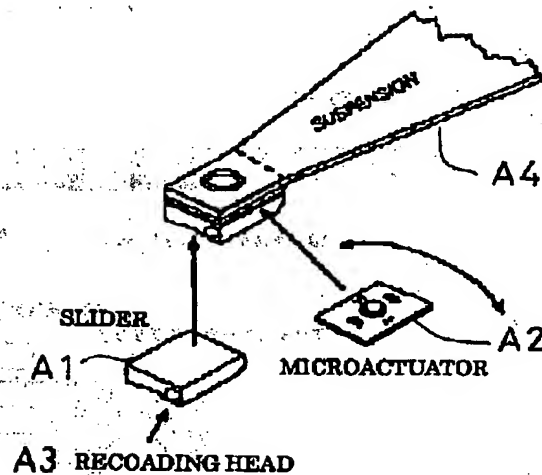
【符号の説明】

1……磁気ヘッド、2……スライダ、3……ジンバルスプリング、4……ロードビーム部、4A……本体部、4B……連絡部、5……磁気ヘッド支持機構（サスペンション）、6……ファインアクチュエータ部、7……コースアクチュエータ部、8……アクチュエータ・スプリング、9……サスペンションかしめ位置、10……ホルダアームかしめ位置、11……ホルダアーム、12……可動コイル、13……アームブロック（キャリッジ）、14……圧電素子、15……サイドスプリング、16……センタスプリング、17……上部アクチュエータ・スプリング、18……下部アクチュエータ・スプリング、19……圧電素子接着位置、20……補強板、21……サブスペーサ、22……駆動隙間、23……圧電素子接着スペース。

【図7】

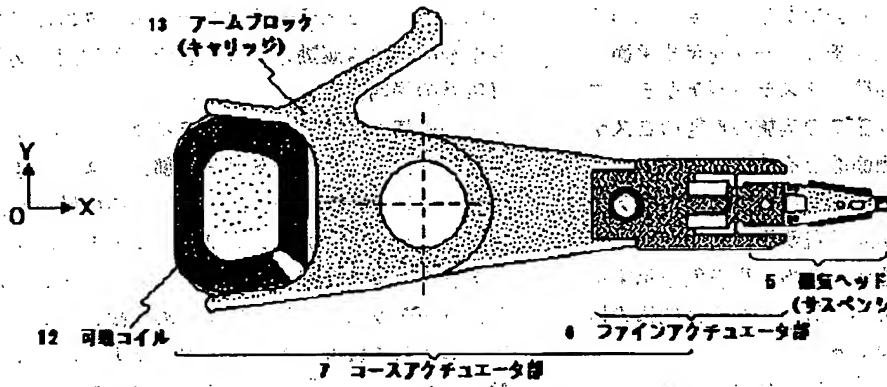


【図20】

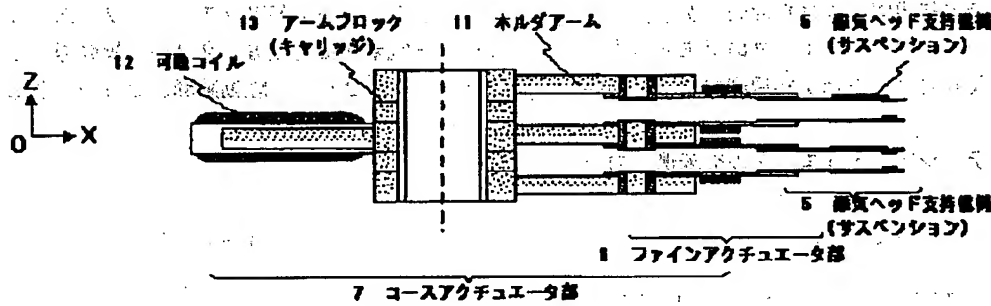


BEST AVAILABLE COPY

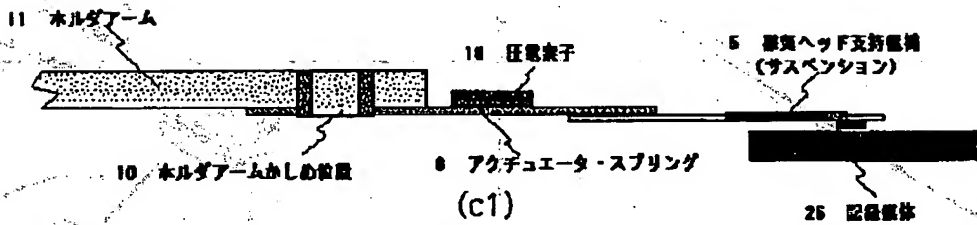
【図1】



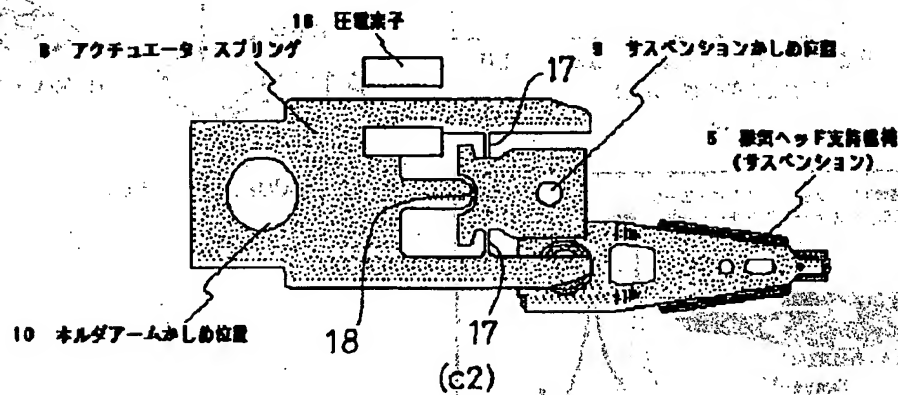
(a)



(b)



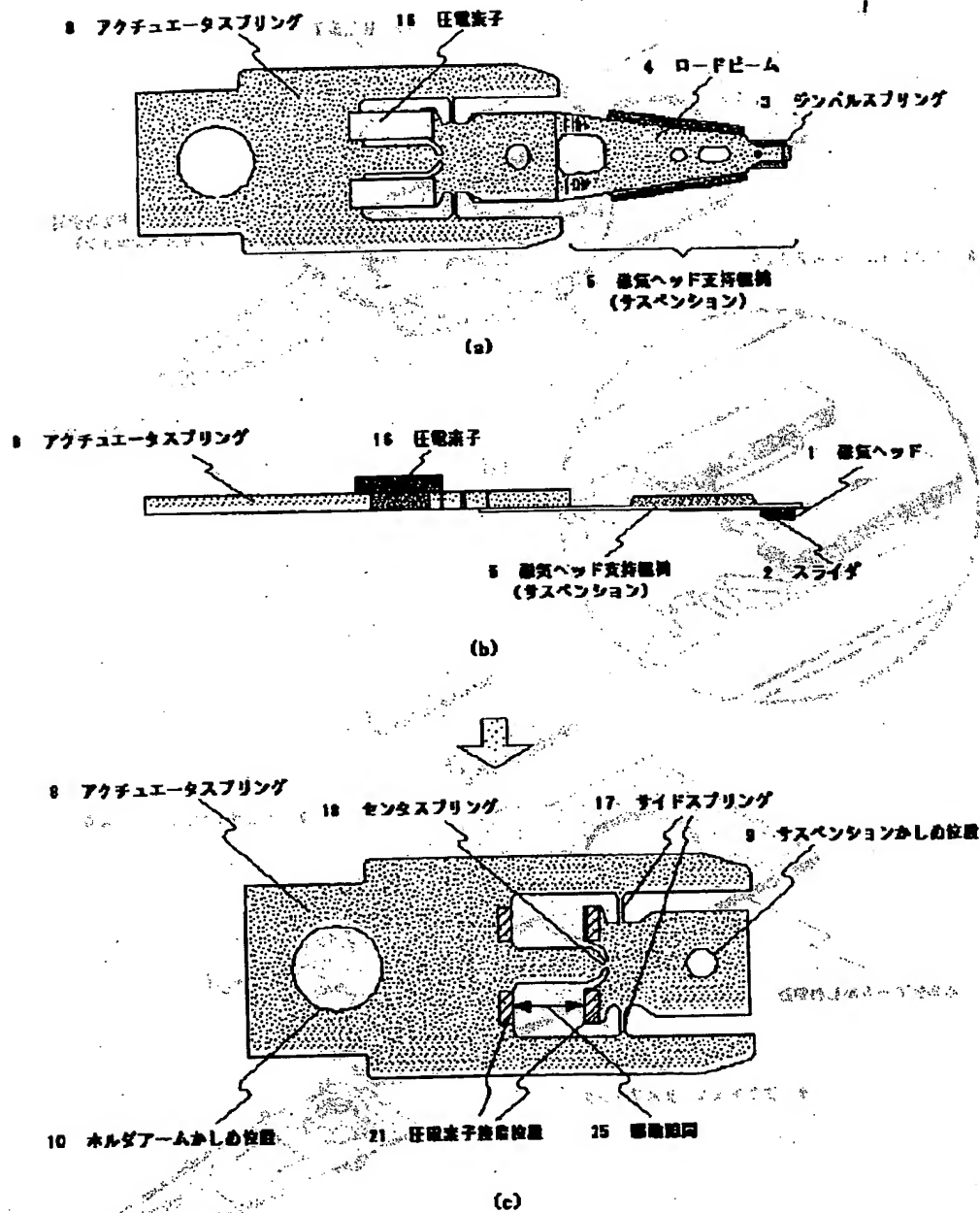
(c1)



(c2)

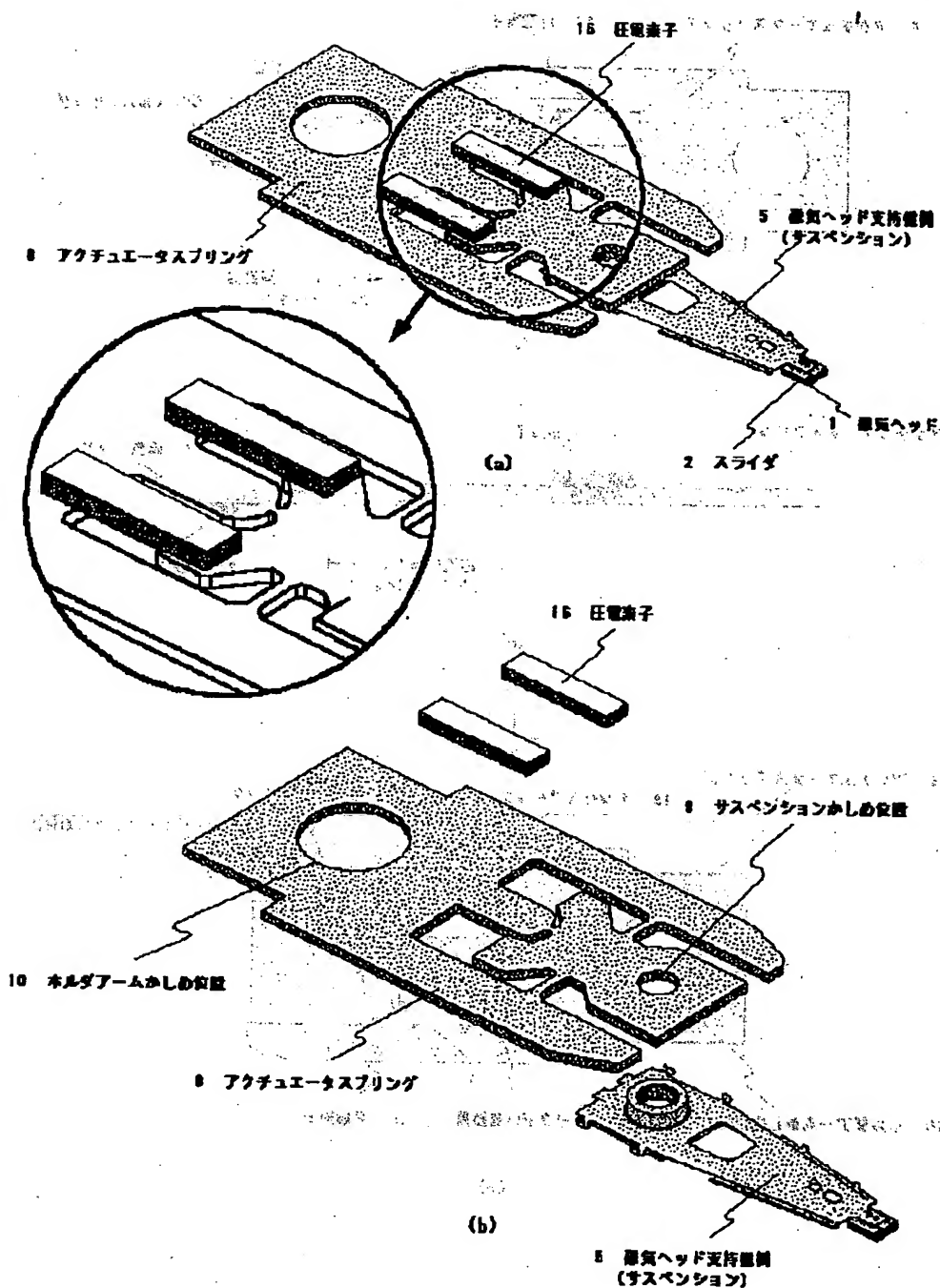


【図2】

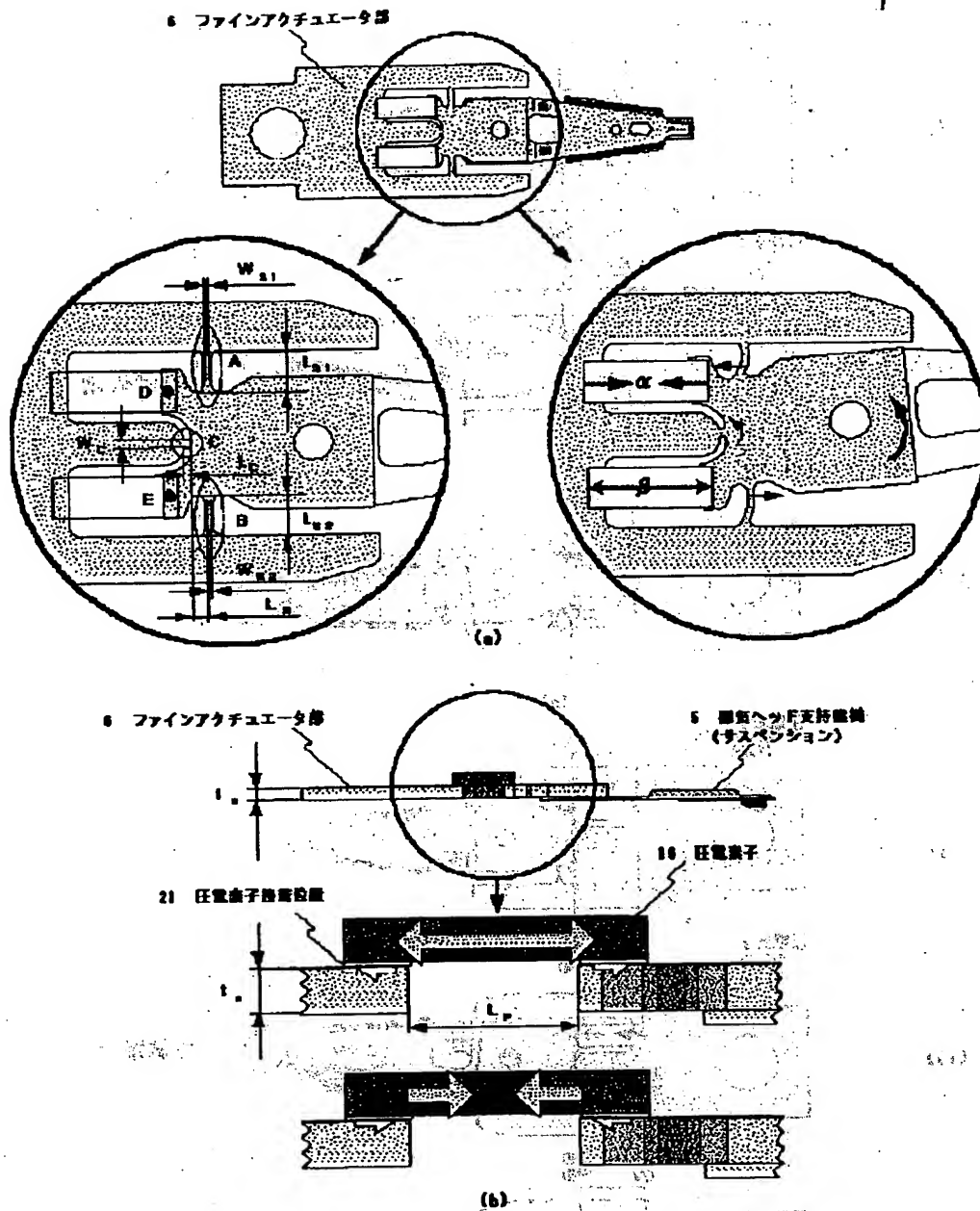


BEST AVAILABLE COPY

【図3】

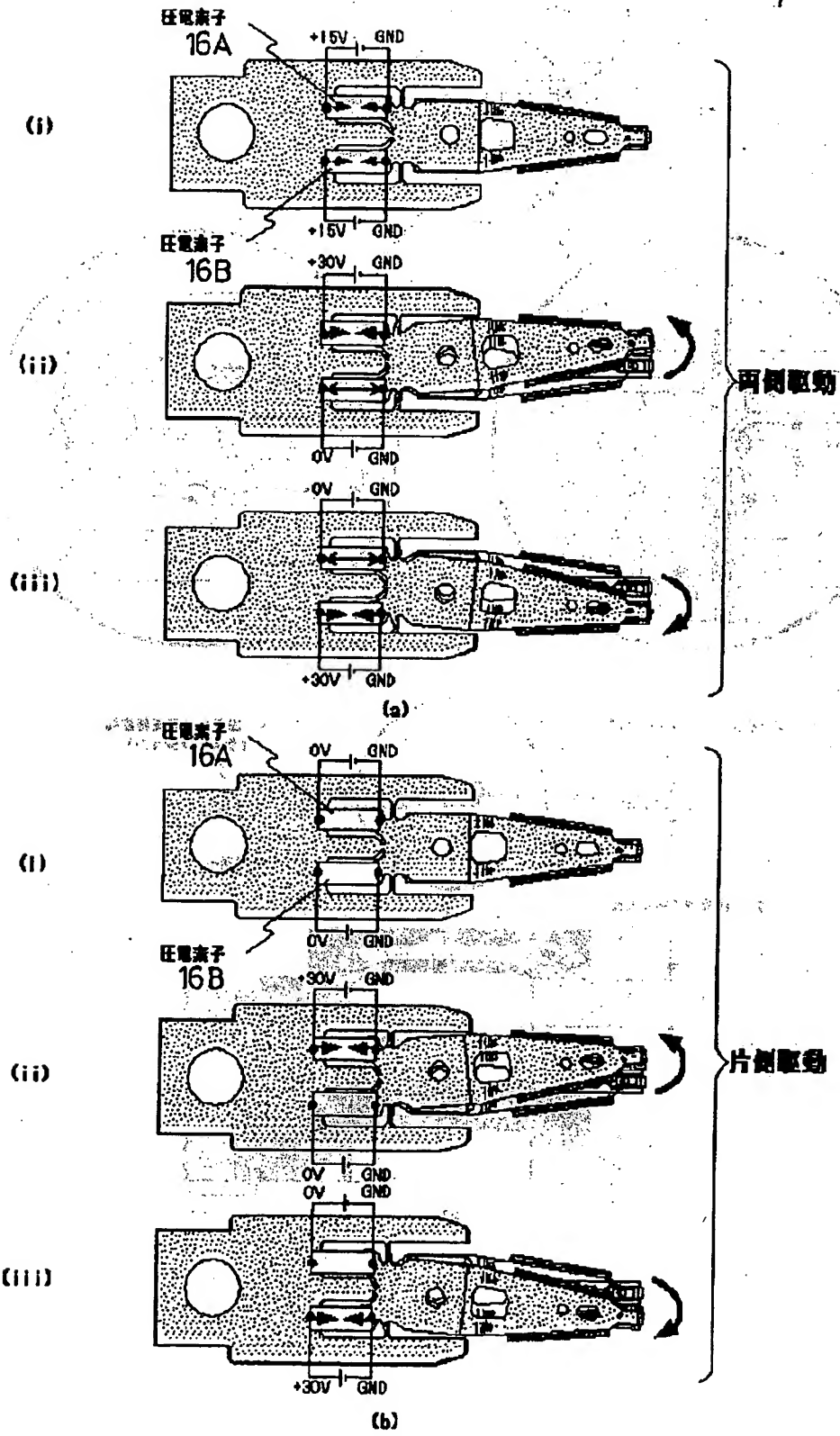


【図4】

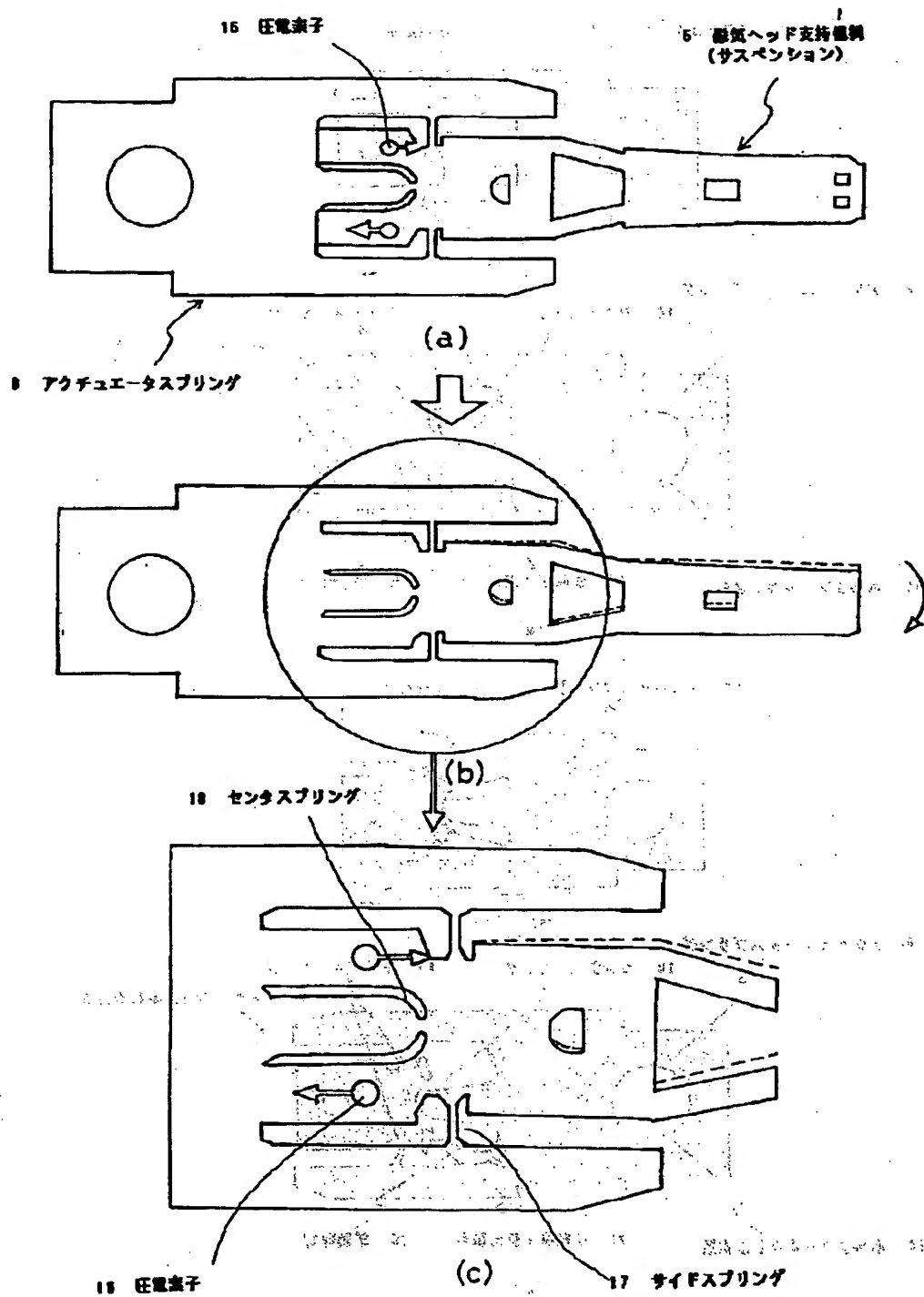


BEST AVAILABLE COPY

【図5】

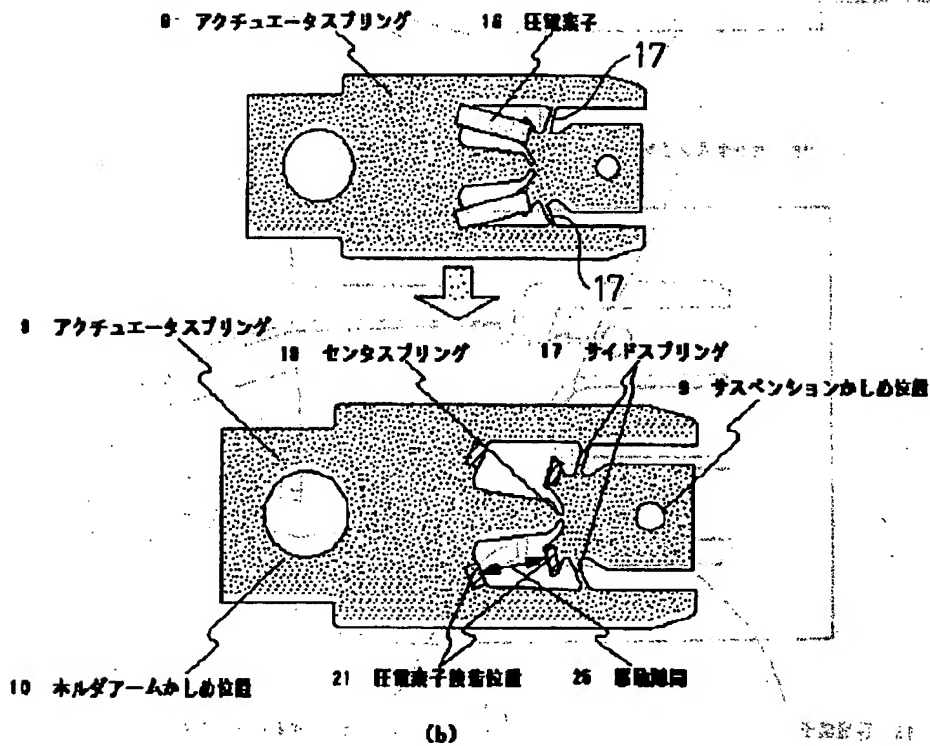
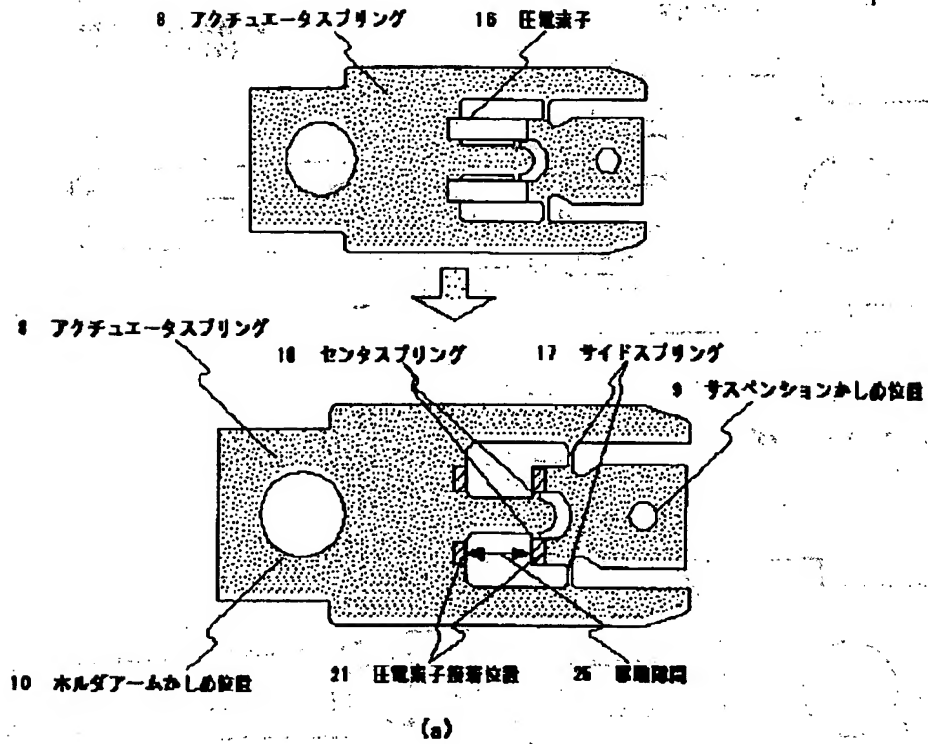


【図6】

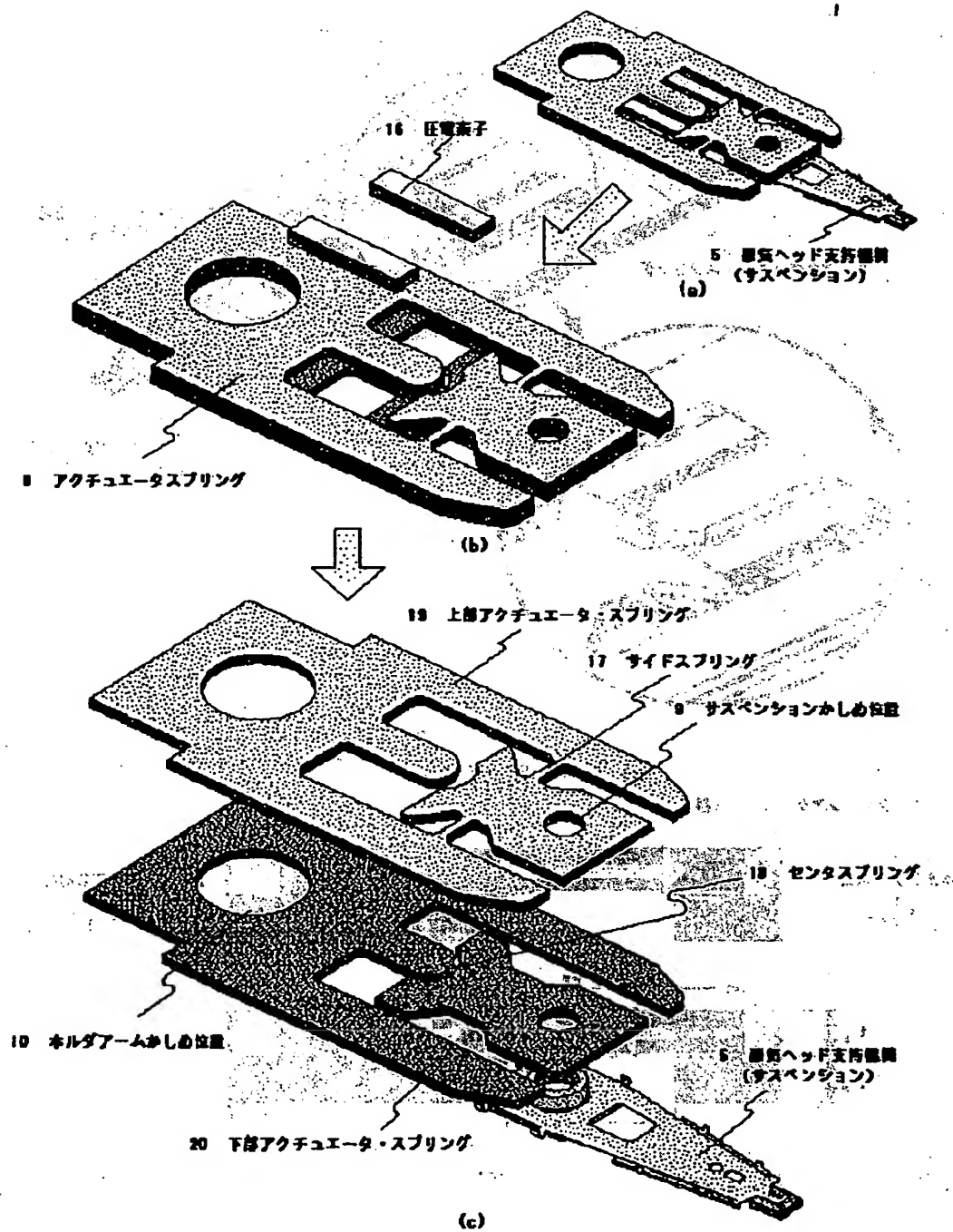




【図8】

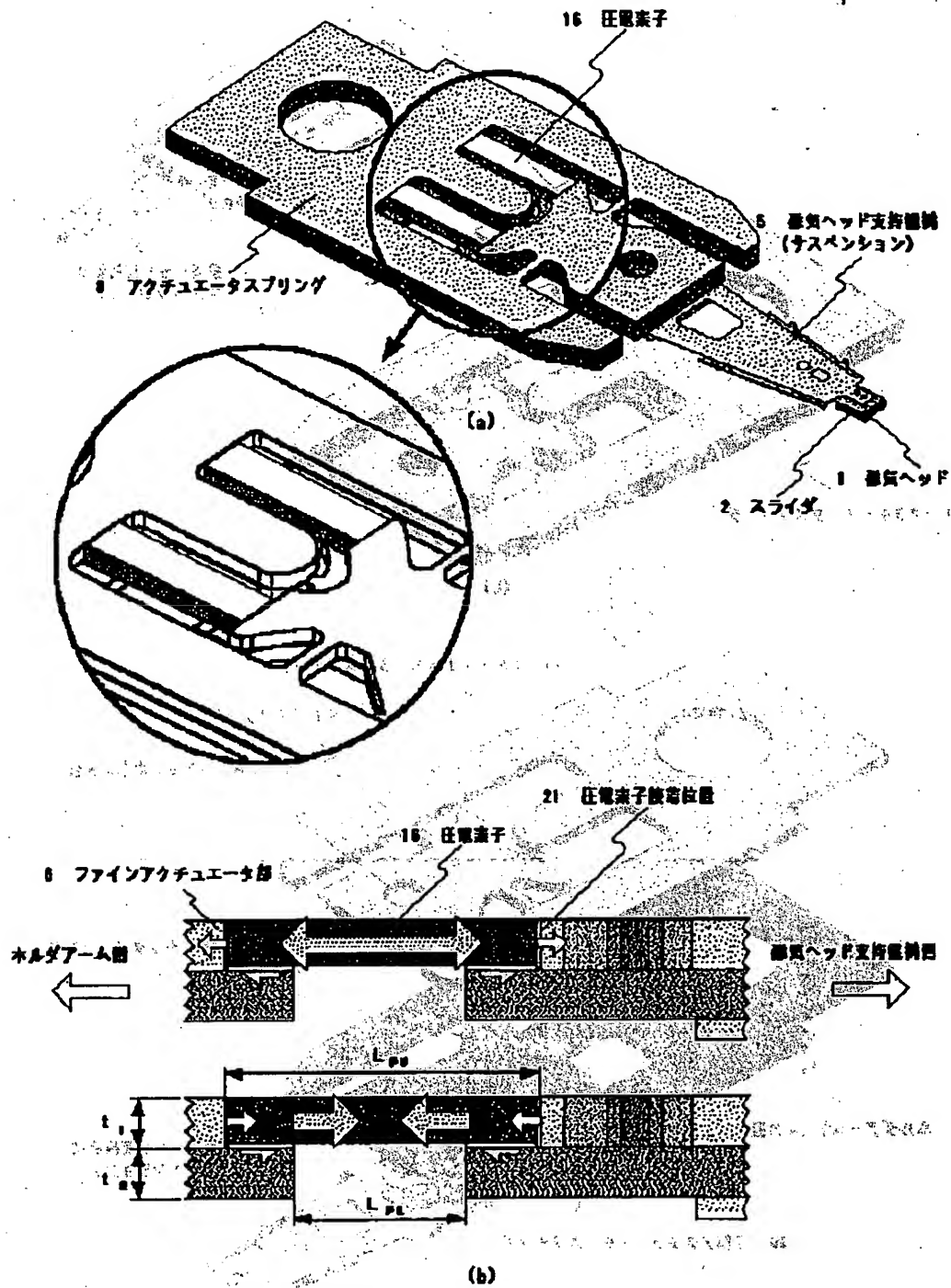


【図9】



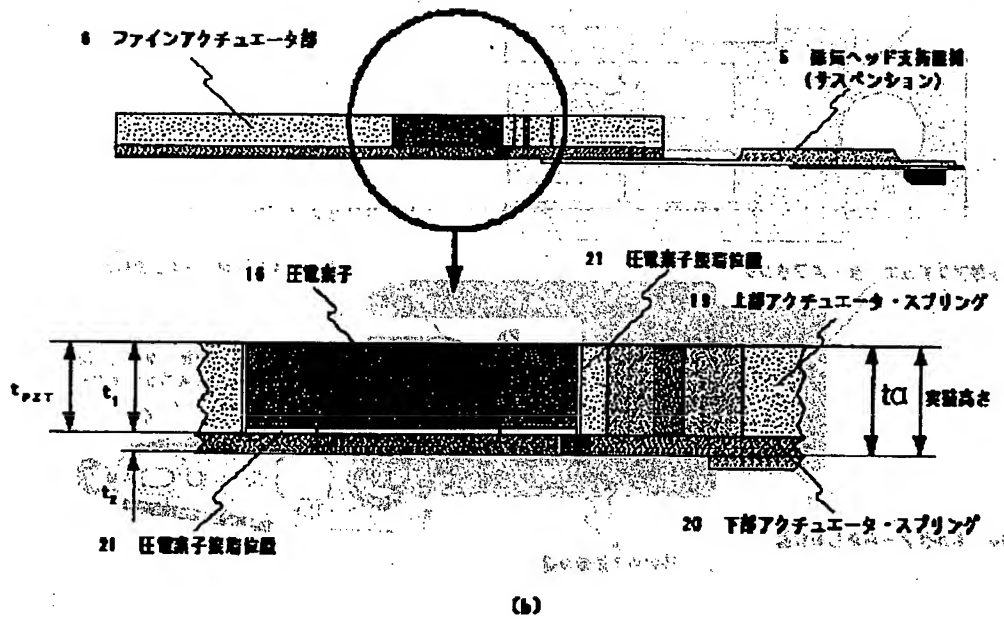
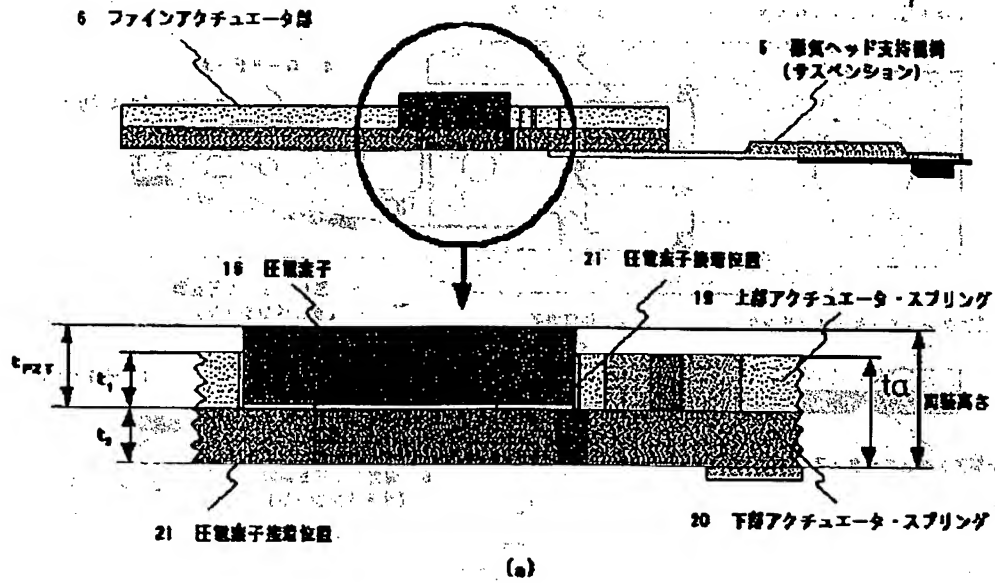
BEST AVAILABLE COPY

【图 1-0】



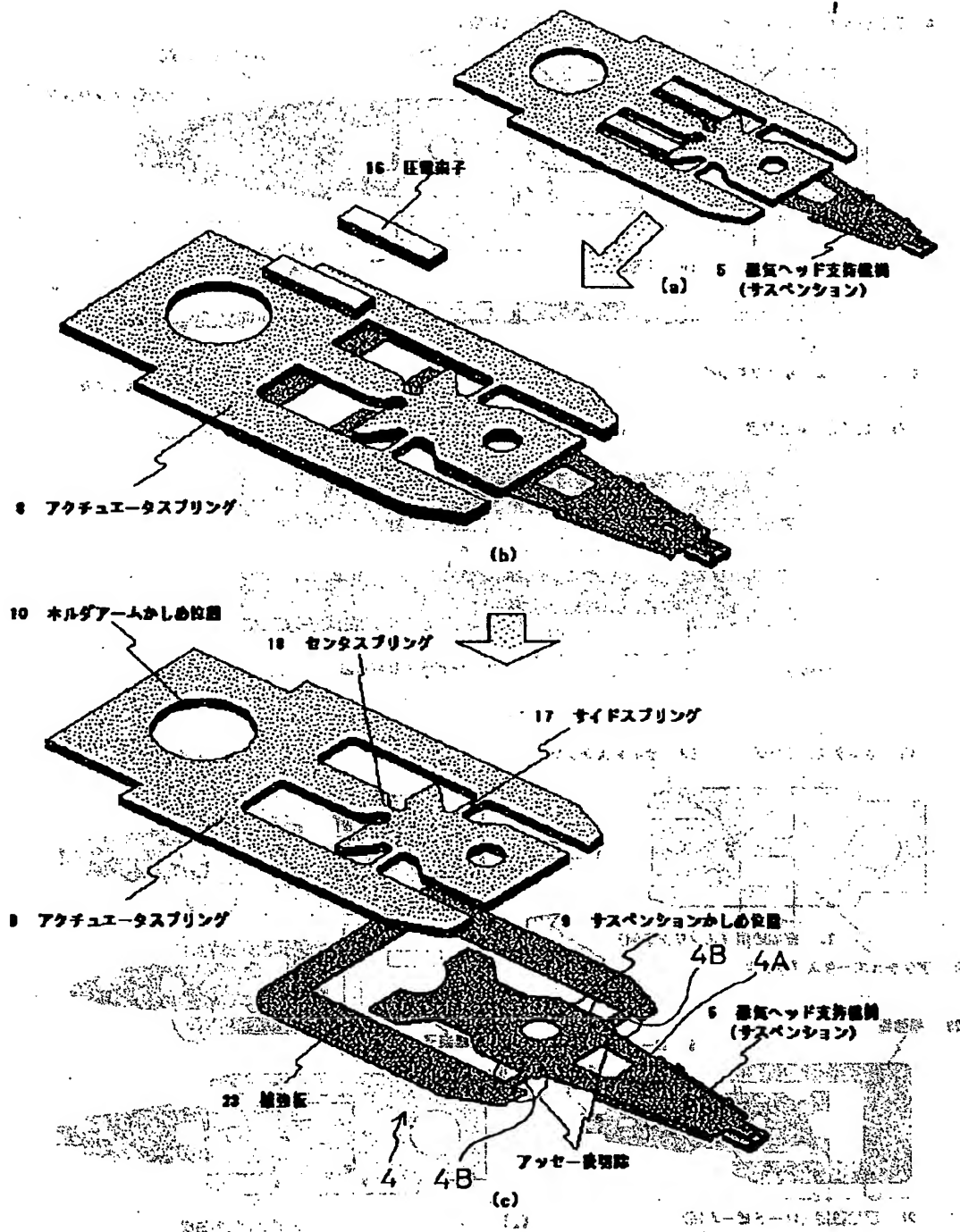


【図12】



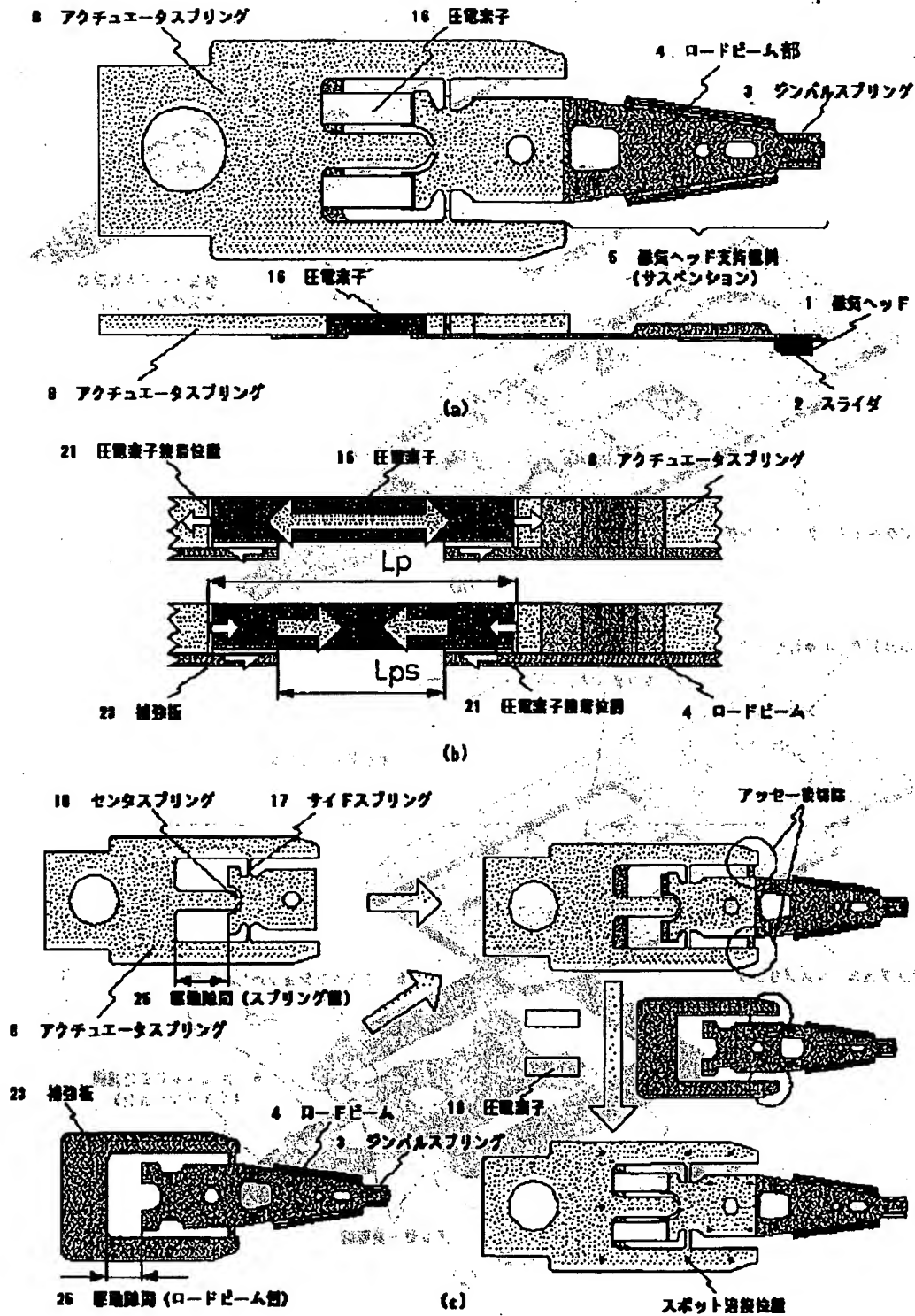


【図13】



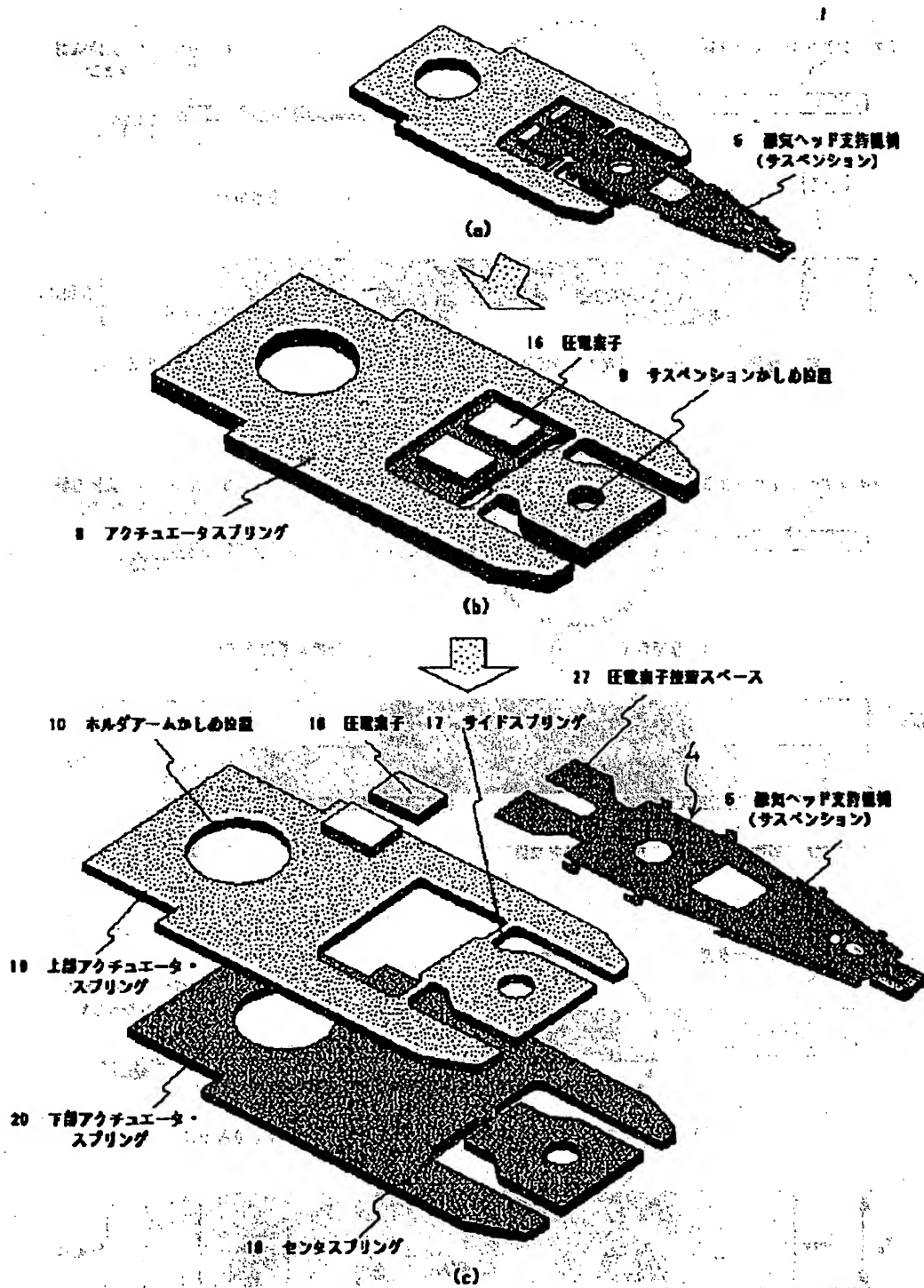
BEST AVAILABLE COPY

【図14】

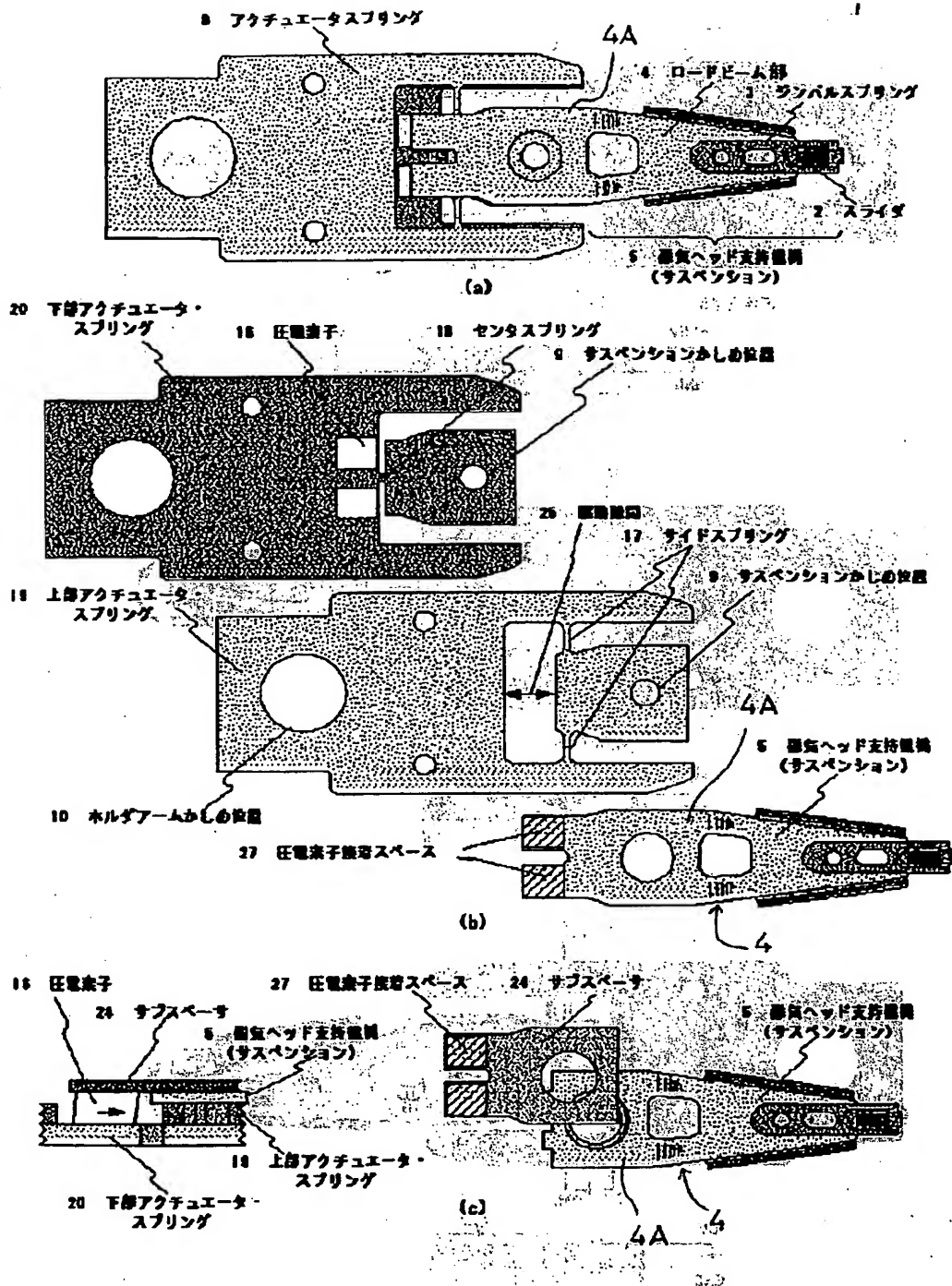




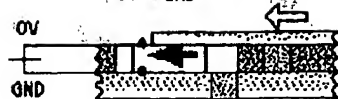
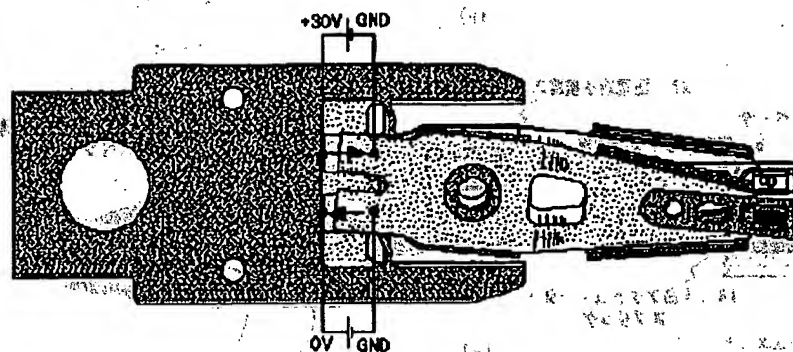
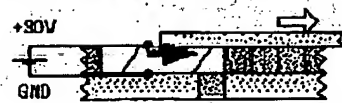
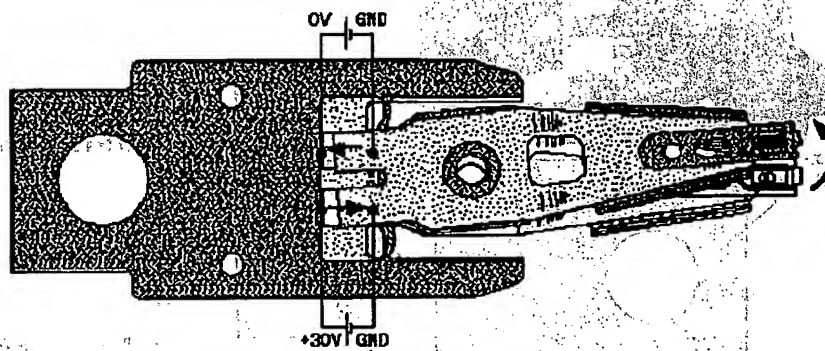
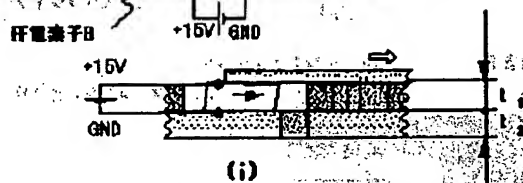
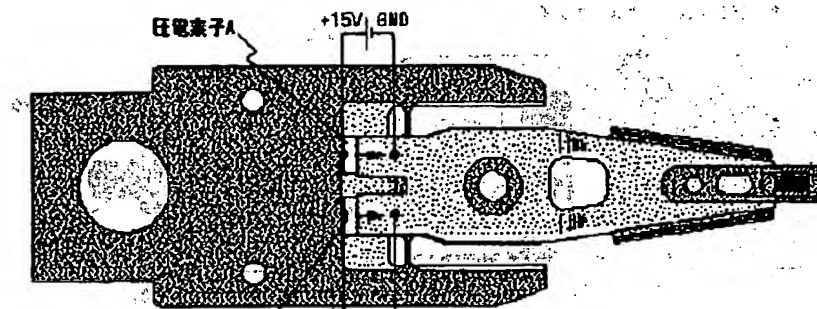
【図16】



【図17】



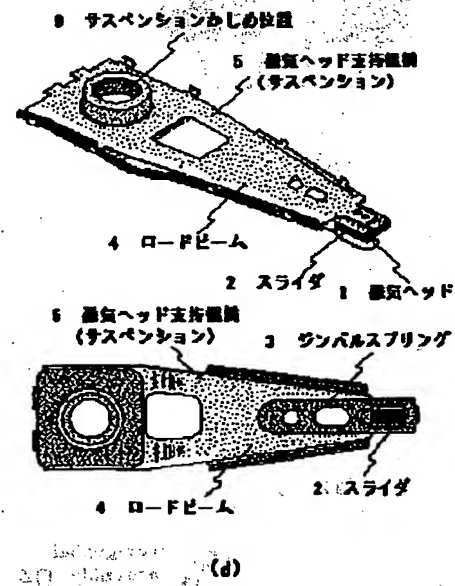
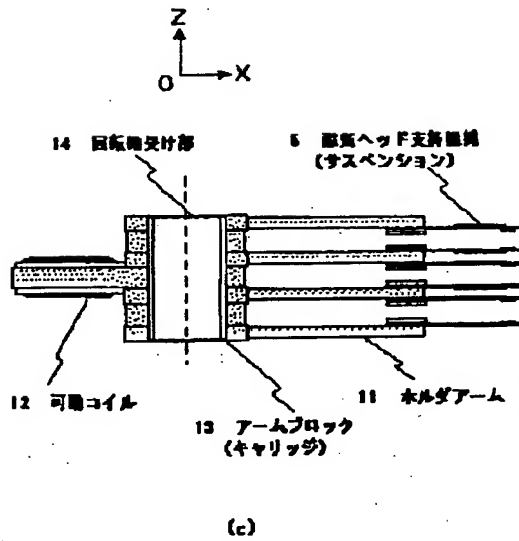
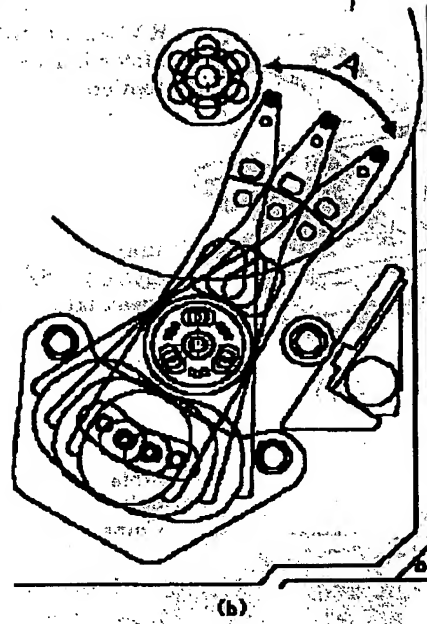
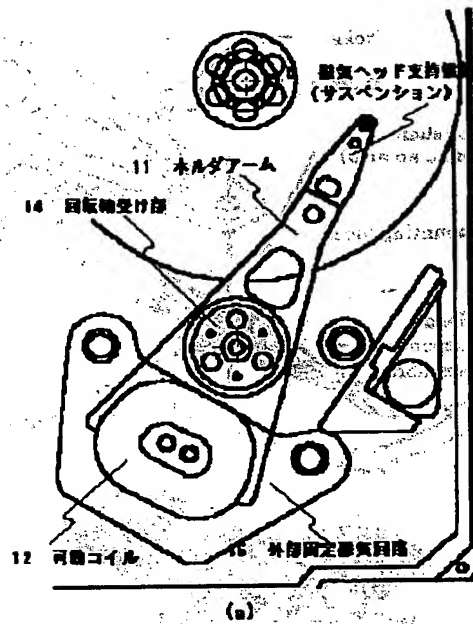
【図18】



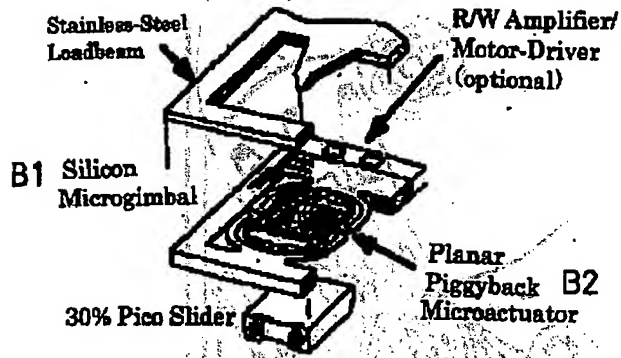
(iii)



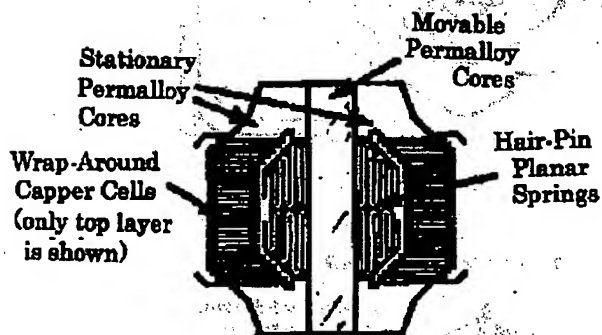
【図19】



【图 2 1】

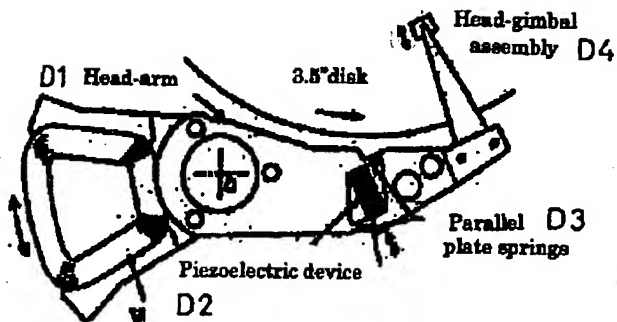


(a)

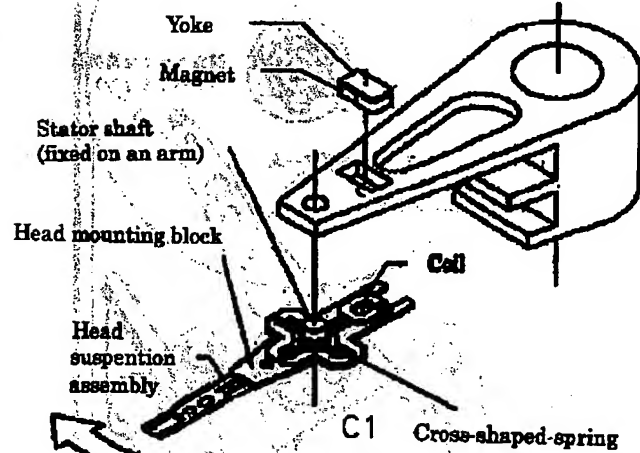


(b)

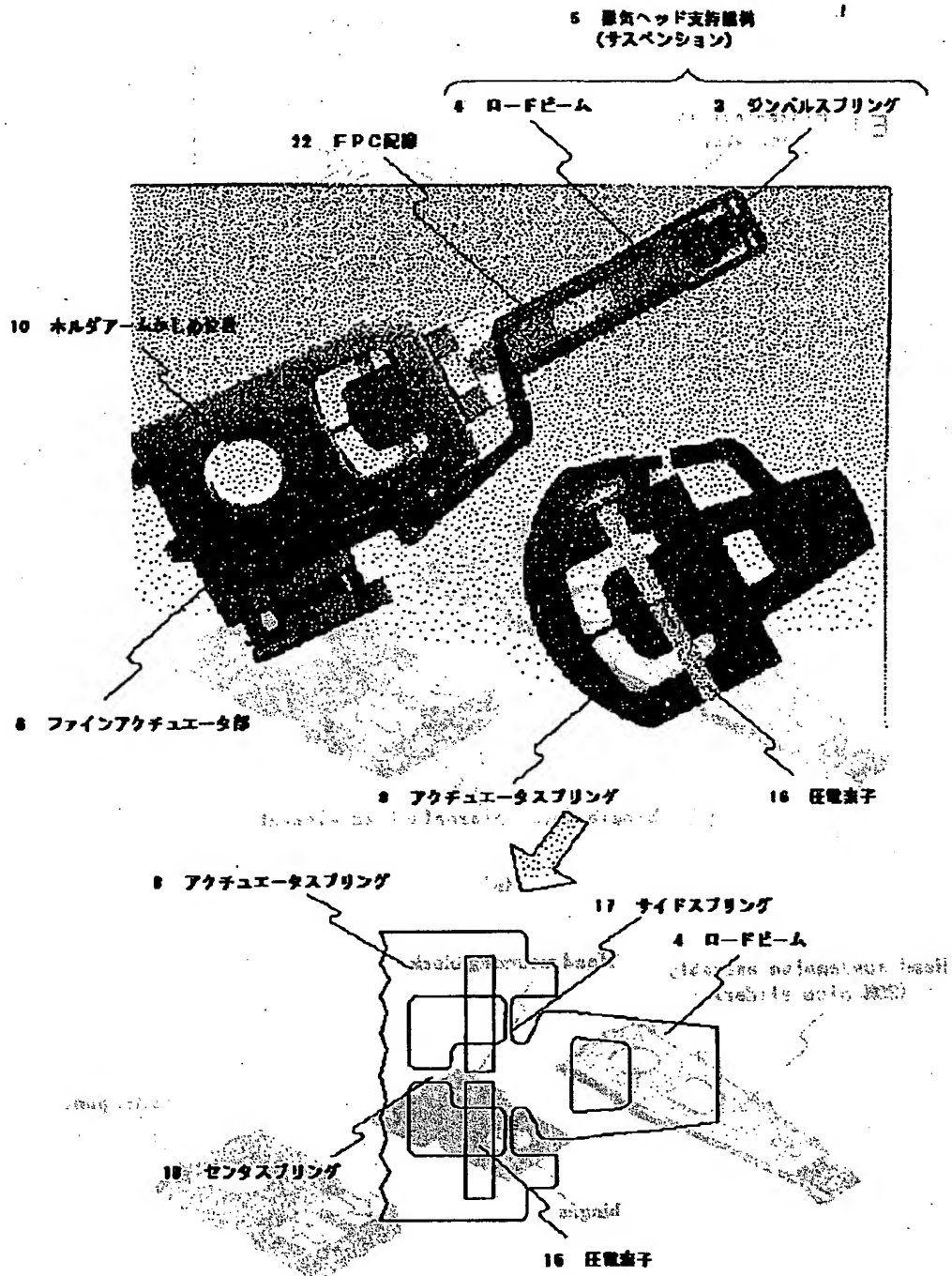
【图 2 3】

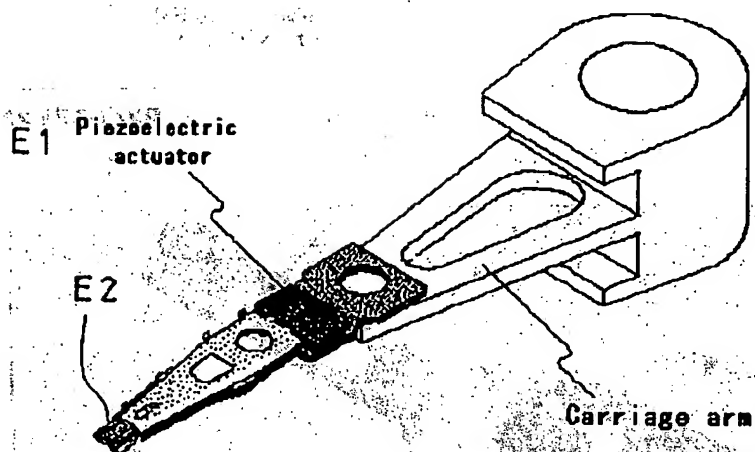


【图 2 2】

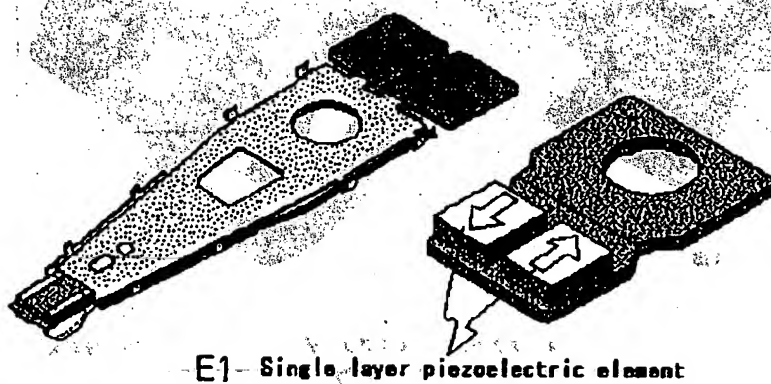


【図24】

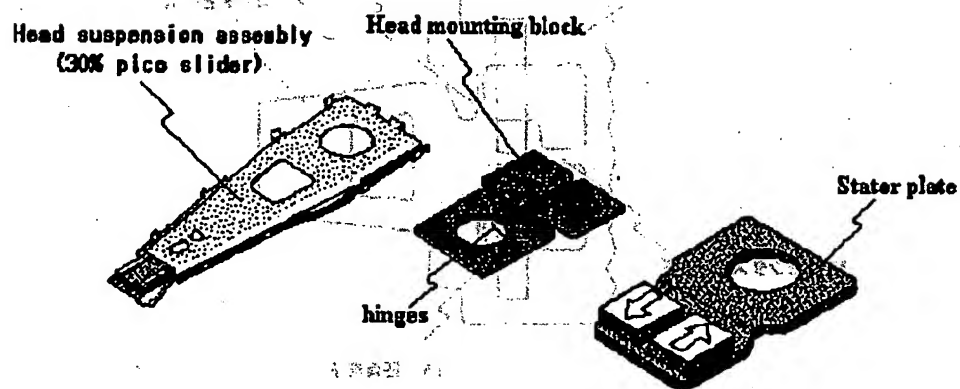




(a)



(b)



(c)

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-182341

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

G11B 21/10

1

(21)Application number : 10-355697

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 15.12.1998

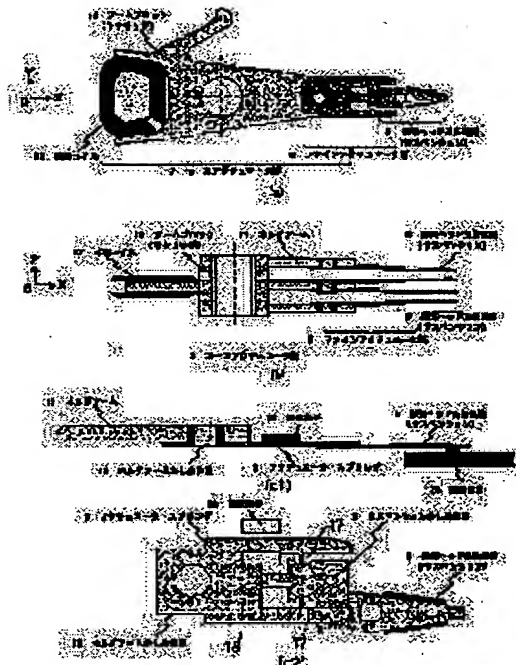
(72)Inventor : UTSUNOMIYA MOTOYASU

## (54) MAGNETIC HEAD SLIDER POSITIONING MECHANISM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly speedy and highly precise magnetic head positioning mechanism.

SOLUTION: A magnetic head positioning mechanism is composed of a magnetic head supporting mechanism 5 and a two-stage actuator consisting of a fine actuator part 6 and a coarse actuator part 7. The fine actuator part 6 is composed of an actuator spring 8 and a piezoelectric element 16 and connected to a holder arm 11 composing the coarse actuator part 7 at a holder arm caulking position 10. A slider 2 is directed so as to face a recording medium 26 and connected to the fine actuator part 6 at a suspension caulking position 9. The actuator spring 8 of the fine actuator part 6 is provided with two long I shaped side springs 17 and one short I shaped central spring 18 between the suspension caulking position 9 and the holder arm caulking position 10.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.03.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3225510

[Date of registration] 31.08.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

1-800-677-9000  
www.fishbase.org

© 2004 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 255: 103–110

• 2013/24/13

1. The first step in the process of identifying a potential threat to national security is to determine the nature of the threat. This involves a thorough analysis of the threat's source, its objectives, and its potential impact on the United States. The next step is to assess the threat's credibility, which involves evaluating the threat's likelihood of occurring and the potential consequences if it does occur. This assessment is based on a variety of factors, including the threat's history, its current status, and the threat's potential for escalation. The final step in the process is to develop a response plan, which involves identifying the actions that should be taken to prevent or mitigate the threat. This plan is based on the threat's nature, its credibility, and the potential consequences of the threat.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2000, 1999, 1998, 1997, 1996, 1995, 1994, 1993, 1992, 1991, 1990, 1989, 1988, 1987, 1986, 1985, 1984, 1983, 1982, 1981, 1980, 1979, 1978, 1977, 1976, 1975, 1974, 1973, 1972, 1971, 1970, 1969, 1968, 1967, 1966, 1965, 1964, 1963, 1962, 1961, 1960, 1959, 1958, 1957, 1956, 1955, 1954, 1953, 1952, 1951, 1950, 1949, 1948, 1947, 1946, 1945, 1944, 1943, 1942, 1941, 1940, 1939, 1938, 1937, 1936, 1935, 1934, 1933, 1932, 1931, 1930, 1929, 1928, 1927, 1926, 1925, 1924, 1923, 1922, 1921, 1920, 1919, 1918, 1917, 1916, 1915, 1914, 1913, 1912, 1911, 1910, 1909, 1908, 1907, 1906, 1905, 1904, 1903, 1902, 1901, 1900, 1899, 1898, 1897, 1896, 1895, 1894, 1893, 1892, 1891, 1890, 1889, 1888, 1887, 1886, 1885, 1884, 1883, 1882, 1881, 1880, 1879, 1878, 1877, 1876, 1875, 1874, 1873, 1872, 1871, 1870, 1869, 1868, 1867, 1866, 1865, 1864, 1863, 1862, 1861, 1860, 1859, 1858, 1857, 1856, 1855, 1854, 1853, 1852, 1851, 1850, 1849, 1848, 1847, 1846, 1845, 1844, 1843, 1842, 1841, 1840, 1839, 1838, 1837, 1836, 1835, 1834, 1833, 1832, 1831, 1830, 1829, 1828, 1827, 1826, 1825, 1824, 1823, 1822, 1821, 1820, 1819, 1818, 1817, 1816, 1815, 1814, 1813, 1812, 1811, 1810, 1809, 1808, 1807, 1806, 1805, 1804, 1803, 1802, 1801, 1800, 1799, 1798, 1797, 1796, 1795, 1794, 1793, 1792, 1791, 1790, 1789, 1788, 1787, 1786, 1785, 1784, 1783, 1782, 1781, 1780, 1779, 1778, 1777, 1776, 1775, 1774, 1773, 1772, 1771, 1770, 1769, 1768, 1767, 1766, 1765, 1764, 1763, 1762, 1761, 1760, 1759, 1758, 1757, 1756, 1755, 1754, 1753, 1752, 1751, 1750, 1749, 1748, 1747, 1746, 1745, 1744, 1743, 1742, 1741, 1740, 1739, 1738, 1737, 1736, 1735, 1734, 1733, 1732, 1731, 1730, 1729, 1728, 1727, 1726, 1725, 1724, 1723, 1722, 1721, 1720, 1719, 1718, 1717, 1716, 1715, 1714, 1713, 1712, 1711, 1710, 1709, 1708, 1707, 1706, 1705, 1704, 1703, 1702, 1701, 1700, 1699, 1698, 1697, 1696, 1695, 1694, 1693, 1692, 1691, 1690, 1689, 1688, 1687, 1686, 1685, 1684, 1683, 1682, 1681, 1680, 1679, 1678, 1677, 1676, 1675, 1674, 1673, 1672, 1671, 1670, 1669, 1668, 1667, 1666, 1665, 1664, 1663, 1662, 1661, 1660, 1659, 1658, 1657, 1656, 1655, 1654, 1653, 1652, 1651, 1650, 1649, 1648, 1647, 1646, 1645, 1644, 1643, 1642, 1641, 1640, 1639, 1638, 1637, 1636, 1635, 1634, 1633, 1632, 1631, 1630, 1629, 1628, 1627, 1626, 1625, 1624, 1623, 1622, 1621, 1620, 1619, 1618, 1617, 1616, 1615, 1614, 1613, 1612, 1611, 1610, 1609, 1608, 1607, 1606, 1605, 1604, 1603, 1602, 1601, 1600, 1599, 1598, 1597, 1596, 1595, 1594, 1593, 1592, 1591, 1590, 1589, 1588, 1587, 1586, 1585, 1584, 1583, 1582, 1581, 1580, 1579, 1578, 1577, 1576, 1575, 1574, 1573, 1572, 1571, 1570, 1569, 1568, 1567, 1566, 1565, 1564, 1563, 1562, 1561, 1560, 1559, 1558, 1557, 1556, 1555, 1554, 1553, 1552, 1551, 1550, 1549, 1548, 1547, 1546, 1545, 1544, 1543, 1542, 1541, 1540, 1539, 1538, 1537, 1536, 1535, 1534, 1533, 1532, 1531, 1530, 1529, 1528, 1527, 1526, 1525, 1524, 1523, 1522, 1521, 1520, 1519, 1518, 1517, 1516, 1515, 1514, 1513, 1512, 1511, 1510, 1509, 1508, 1507, 1506, 1505, 1504, 1503, 1502, 1501, 1500, 1499, 1498, 1497, 1496, 1495, 1494, 1493, 1492, 1491, 1490, 1489, 1488, 1487, 1486, 1485, 1484, 1483, 1482, 1481, 1480, 1479, 1478, 1477, 1476, 1475, 1474, 1473, 1472, 1471, 1470, 1469, 1468, 1467, 1466, 1465, 1464, 1463, 1462, 1461, 1460, 1459, 1458, 1457, 1456, 1455, 1454, 1453, 1452, 1451, 1450, 1449, 1448, 1447, 1446, 1445, 1444, 1443, 1442, 1441, 1440, 1439, 1438, 1437, 1436, 1435, 1434, 1433, 1432, 1431, 1430, 1429, 1428, 1427, 1426, 1425, 1424, 1423, 1422, 1421, 1420, 1419, 1418, 1417, 1416, 1415, 1414, 1413, 1412, 1411, 1410, 1409, 1408, 1407, 1406, 1405, 1404, 1403, 1402, 1401, 1400, 1399, 1398, 1397, 1396, 1395, 1394, 1393, 1392, 1391, 1390, 1389, 1388, 1387, 1386, 1385, 1384, 1383, 1382, 1381, 1380, 1379, 1378, 1377, 1376, 1375, 1374, 1373, 1372, 1371, 1370, 1369, 1368, 1367, 1366, 1365, 1364, 1363, 1362, 1361, 1360, 1359, 1358, 1357, 1356, 1355, 1354, 1353, 1352, 1351, 1350, 1349, 1348, 1347, 1346, 1345, 1344, 1343, 1342, 1341, 1340, 1339, 1338, 1337, 1336, 1335, 1334, 1333, 1332, 1331, 1330, 1329, 1328, 1327, 1326, 1325, 1324, 1323, 1322, 1321, 1320, 1319, 13

[illegible]

*Journal of Management Education* 36(7)>

[illegible]<sup>1</sup> *Journal of the American Statistical Association*, 1990, 85, 1039-1042.

1. The first step is to identify the problem or question that needs to be answered.

• *Journal of the American Medical Association* 264:11

1. 1950-1951 to 1955

...to the ... ..

12. *How do you feel about the way the company is run?*

## Conclusion

Order to reiterate to staff

[illegible]

BT-80X009 : 41759314AClnGsmuA...  
[Download](#)

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It has a magnetic-head support device and 2 stage actuator. Said magnetic-head support device. It is constituted so that the slider which carried the magnetic head may be supported. Said 2 stage actuator. The fine actuator section to which the minute amount variation rate of the magnetic-head support device is made to carry out in the seeking direction of said magnetic head. It consists of the course actuator sections to which the variation rate of said fine actuator section is made to carry out in the seeking direction of said magnetic head with a voice coil motor. Said fine actuator section comes to have the sheet metal-like actuator spring and two piezoelectric devices which support said magnetic-head support device. The minute amount displacement to the seeking direction of said magnetic head of said magnetic-head support device. The magnetic-head positioning device characterized by what said two piezoelectric devices are made to generate driving force by impressing an electrical potential difference to said two piezoelectric devices by turns, and is performed by sagging said actuator spring section elastically with said driving force.

[Claim 2] Said actuator spring is a magnetic-head positioning device according to claim 1 characterized by having the 1st supporter which supports said magnetic-head support device, the 2nd supporter supported by said course actuator section, and the spring section which connects between said 1st supporter and said 2nd supporter.

[Claim 3] Said two piezoelectric devices are arranged in the part which sandwiches the medial axis of the longitudinal direction of said actuator spring on said actuator spring. It is the magnetic-head positioning device according to claim 2 characterized by fixing an end to the part of said 1st supporter, fixing the other end to the part of said 2nd supporter, and forming the drive clearance for said piezoelectric device driving between the part of said 1st supporter, and the part of said 2nd supporter.

[Claim 4] It is the magnetic-head positioning device according to claim 2 characterized by for said spring section coming to have the center spring which consists of a flat spring of one I form, and the side spring which consists of a flat spring of two I forms, for said center spring extending in said direction of a medial axis on the medial axis of the longitudinal direction of said actuator spring, and said two side springs extending in the direction which intersects perpendicularly with said medial axis in the part which sandwiches said medial axis.

[Claim 5] Said piezoelectric device is a magnetic-head positioning device according to claim 4 characterized by being arranged so that the driving direction may become parallel with said medial axis.

[Claim 6] Said spring section comes to have the center spring which consists of a flat spring of one I form, and the side spring which consists of a flat spring of two I forms. Said center spring. It extends in said direction of a medial axis on said medial axis. Said two side springs. The magnetic-head positioning device according to claim 2 characterized by extending in the direction which intersects said medial axis in the part which sandwiches said medial axis so that spacing by the side of said 1st supporter may serve as size from spacing by the side of said 2nd supporter.

[Claim 7] Said two piezoelectric devices are magnetic-head positioning devices according to claim 6 which are the part which sandwiches said medial axis on said actuator spring, and are characterized by being prepared so that spacing by the side of said 2nd supporter may serve as size from spacing by the side of said 1st supporter and the driving direction of said piezoelectric device may intersect said medial axis.

[Claim 8] Said side spring where it is located in the same side to said medial axis, and said piezoelectric device are a magnetic-head positioning device according to claim 7 characterized by being constituted so that the extension direction of said side spring and said driving direction of said piezoelectric device may intersect perpendicularly mostly and may cross.

[Claim 9] The flat spring of I form which the flat spring of I form which constitutes said center spring is constituted so that spring length may become almost equal compared with spring width of face, and constitutes said side spring is claim 4 characterized by being constituted so that spring length may become sufficiently long compared with spring width of face thru/or a magnetic-head positioning device given in any 1 term to 8.

[Claim 10] Said spring section comes to have the center spring which consists of a flat spring of two I forms, and the side spring which consists of a flat spring of two I forms. Said two side springs. It extends in the direction which intersects perpendicularly with the medial axis of the longitudinal direction of said actuator spring in the part which sandwiches said medial axis. Said two center springs. The magnetic-head positioning device according to claim 2 characterized by extending in the direction which sandwiches said medial axis and intersects perpendicularly with said 2nd supporter with said medial axis rather than said two side springs in near and the part near [ springs / said / two / side ] said medial axis.

[Claim 11] Said piezoelectric device is a magnetic-head positioning device according to claim 10 characterized by being arranged so that the driving direction may become parallel with said medial axis.

[Claim 12] Said two piezoelectric devices are arranged in the part which sandwiches the medial axis of said actuator spring on said actuator spring. An end is fixed to the part of said 1st supporter, and the other end is fixed to the part of said 2nd supporter. Between the part of said 1st supporter, and the part of said 2nd supporter. The magnetic-head positioning device according to claim 4 to 11 characterized by forming the drive clearance for said piezoelectric device driving.

[Claim 13] Said actuator spring is claim 4 characterized by consisting of sheet metal-like the 1st spring section and the 2nd spring section which were joined in the condition of piling up in the thickness direction, preparing said side spring in one side of said 1st and 2nd spring section, and preparing said center spring in said another side thru/or a magnetic-head positioning device given in any 1 term to 11.

[Claim 14] Said two piezoelectric devices are arranged in the part which sandwiches the medial axis of said actuator spring on said actuator spring. The end of the driving direction of said piezoelectric device is fixed to the part of said 1st supporter. The



other end of the driving direction of said piezoelectric device is a magnetic head positioning device according to claim 15 characterized by being fixed to the part of said 2nd supporter and forming the drive clearance for said piezoelectric device driving between the part of said 1st supporter, and the part of said 2nd supporter.

[Claim 15] The 1st drive clearance where said drive clearance was established in said 1st spring section, Consist of the 2nd drive clearance established in said 2nd spring section, and a step is formed in the part of said 1st and 2nd supporter, respectively by one side of said 1st and 2nd drive clearance being set up more widely than another side. The immobilization to said actuator spring of said piezoelectric device is a magnetic head positioning device according to claim 14 characterized by being carried out where the end and the other end of a driving direction of said piezoelectric device are inserted in said step.

[Claim 16] The end section holds said magnetic head and said magnetic head support device is equipped with the load beam section to which the other end is joined in the condition of piling up in said actuator spring and thickness direction. Said load beam section is equipped with the body section joined to said 1st supporter, the back-up-plate section joined to said 2nd supporter, and the Division for Interlibrary Services which connects said body section and said back-up-plate section. Said Division for Interlibrary Services Claims 2 and 4 characterized by being constituted so that it may be cut after said body section and said 1st supporter are joined and said back-up-plate section and said 2nd supporter are joined thru/or a magnetic head positioning device given in any 1 term to 11 and 13.

[Claim 17] Said Division for Interlibrary Services is a magnetic head positioning device according to claim 16 characterized by consisting of supporter material of I form where the end was connected to said body section and the other end was connected to said back-up-plate section.

[Claim 18] Said two piezoelectric devices are arranged in the part which sandwiches the medial axis of said actuator spring on said actuator spring. The end of the driving direction of said piezoelectric device is fixed to the part of said 1st supporter. The other end of the driving direction of said piezoelectric device is a magnetic head positioning device according to claim 16 or 17 characterized by being fixed to the part of said 2nd supporter and forming the drive clearance for said piezoelectric device driving between the part of said 1st supporter, and the part of said 2nd supporter.

[Claim 19] A step is formed in the part of said 1st and 2nd supporter, respectively by a load beam side drive clearance narrower than said drive clearance being formed in the part corresponding to said drive clearance between said actuator springs between said body sections and said back-up-plate sections. The immobilization to said actuator spring of said piezoelectric device is a magnetic head positioning device according to claim 18 characterized by being carried out where the end and the other end of a driving direction of said piezoelectric device are inserted in said step.

[Claim 20] The end section holds said magnetic head and said magnetic head support device is equipped with the load beam section to which the other end is joined in the condition of piling up in said actuator spring and thickness direction. Said actuator spring consists of sheet metal-like the 1st spring section and the 2nd spring section which were joined in the condition of piling up in the thickness direction. Claims 2 and 4 which said side spring is prepared in said 1st spring section, and said center spring is prepared in said 2nd spring section, and are characterized by things thru/or a magnetic head positioning device given in any 1 term to 11.

[Claim 21] The body section by which said load beam section is joined to said 1st supporter by the side of said 1st spring section, It has two fixed parts which meet in the part of said 2nd supporter of said 2nd spring-loaded side, and the thickness direction of said actuator spring on both sides of predetermined spacing. Said two fixed parts It is arranged in the part which sandwiches the medial axis of the longitudinal direction of said actuator spring. Said piezoelectric device Are constituted so that it may slide in the thickness direction of said actuator spring, and the direction which intersects perpendicularly and may drive, and slide mutually [ said piezoelectric device ], and two end faces to drive The magnetic head positioning device according to claim 20 characterized by being fixed to the part of said 2nd supporter, and the part of said fixed part, respectively in the condition of having been inserted between the part of said 2nd supporter which meets said fixed part, and said fixed part.

[Claim 22] While said load beam section is equipped with the body section joined to said 1st supporter by the side of said 1st spring section and being fixed to the part of the opposite side said 1st spring section side of said body section. The holddown member possessing two fixed parts which meet in the part of said 2nd supporter of said 2nd spring-loaded side and the thickness direction of said actuator spring on both sides of predetermined spacing is prepared. Said two fixed parts are arranged in the part which sandwiches the medial axis of the longitudinal direction of said actuator spring. Said piezoelectric device Are constituted so that it may slide in the thickness direction of said actuator spring, and the direction which intersects perpendicularly and may drive, and slide mutually [ said piezoelectric device ], and two end faces to drive The magnetic head positioning device according to claim 20 characterized by being fixed to the part of said 2nd supporter, and the part of said fixed part, respectively in the condition of having been inserted between the part of said 2nd supporter which meets said fixed part, and said fixed part.

[Claim 23] They are claim 1 characterized by being constituted so that said course actuator section may support two or more said fine actuator sections and it may carry out by the variation rate to said seeking direction of said fine actuator section by said course actuator section bundling up said two or more fine actuator sections thru/or a magnetic head positioning device given in any 1 term to 22.

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic-head positioning device in disk units, such as a magnetic disk drive or an optical disk unit.

[0002]

[Description of the Prior Art] The recording density of a magnetic disk drive is increasing at the pace of an annual rate of 60% or more by a raise in BPI (Bit Per Inch), and high TPI (Track Per Inch)-ization. Although reduction of the head flying height, adoption of the high magnetic head of sensitivity like MR (Magnetoresistive) head, or an efficient signal-processing technique is searched for for a raise in BPI, in addition for high TPI-ized implementation, an improvement of the positioning accuracy of the magnetic head serves as an important technical problem. For example, although the direction consistency of a track is made into 8 or less kTPIs and a track pitch in the recording density of 1 Gb/in<sup>2</sup> and it is about 3-4 micrometers, since track density is made into 25 or more kTPIs and a track pitch in order to attain two or more 10 Gb/in recording density, and it is set to 1 micrometer or less, as for the positioning accuracy of the magnetic head, 0.1 (it is 10% of a track pitch) micrometers or less come to be required.

[0003] The conventional example of the magnetic-head positioning device (positioner) in which it is used for a magnetic disk drive at drawing 19 is shown. This magnetic-head positioning device is called the rotary actuator method which carries out the rotation drive of the magnetic head at a radii form, and it is constituted so that two or more holder arms 11 and the arm block (carriage) 13 equipped with the moving coil 12 may become pivotable in the direction of an arrow head A (refer to drawing 19 (b)) focusing on the revolving-shaft receptacle section 14. The magnetic-head support device 5 (a suspension or HGA: Head Gimbal Assembly) which supports the slider 2 which carried the magnetic head 1 is connected to the holder arm point of said arm block 13 (refer to drawing 19 (c) and (d)). Moreover, the moving coil 12 installed in the other end of said arm block 13 is combined with the external fixed magnetic circuit 15, constitutes VCM (Voice Coil Motor: voice coil motor), it generates driving force, carries out the rotation drive of said magnetic head support device 5 on a radii orbit in the seeking direction (drawing 19 (b): arrow head A), and makes the magnetic head 1 position to the target track on a medium by impressing a predetermined drive current to said moving coil 12. It is divided into the seek operation (tracking) which moves the magnetic head to a target track location from the track location of arbitration, and the follow actuation (following) which makes the magnetic head follow on a target track with positioning actuation here.

[0004] Since the conventional magnetic-head positioning device drives two or more magnetic heads by one VCM to coincidence, its track flattery precision in positioning-accuracy division following is not enough, and it is becoming impossible thus, to correspond to the equipment of high TPI as which a \*\* track pitch 1 micrometer or less is required as mentioned above. Then, with the carriage drive by VCM, research of 2 stage actuator which makes each magnetic head drive according to an individual is advanced independently. The part made to drive according to an individual can roughly divide this 2 stage actuator into three kinds. That is, they are the head component drive method (drawing 20) which carries out the individual drive of the magnetic-head section, the slider drive method (drawing 21) which carries out the individual drive of the slider section, and the HGA drive method (drawing 22 and drawing 23) which carries out the individual drive of the magnetic-head support device (HGA) section.

[0005] Although the head component drive method shown in drawing 20 embeds the linear actuator A2 of an electrostatic drive mold which applies a micro machine technique and has ctenidium structure in a slider A1, since processing difficulty is high, if the yield is bad and an impact is added in the movable direction, it has a variation rate or the fault to destroy easily, and has not yet resulted in utilization. In addition, in drawing 20, A3 is the magnetic head and A4 is a magnetic-head support device (suspension).

[0006] the slider drive method shown in drawing 21 — the silicon micro gimbal B1 and a planar mold — electromagnetism — although it is the structure which combined piggyback micro-actuator B-2 of a drive method, since the coil-patterned layer which generates induction field is not thickly processible, the technical problem that sufficient driving force is not obtained is held.

[0007] This is divided into two kinds, a force-acceleration mold (high compliance mold: drawing 22) and a force-displacement mold (high STIFFNESS: drawing 23), by whether the generating force of the actuator for a HGA drive is proportional to whether it is proportional to the acceleration of the magnetic head, and a variation rate although it is the HGA drive method finally shown in drawing 22 and drawing 23.

[0008] In 2 stage actuator of the force-acceleration mold (high compliance mold) shown in drawing 22, the type which small [VCM] is built [type] to a HGA joint and carries out the rotation drive of the magnetic head according to electromagnetic force is in use, the flat spring C1 of a cross-joint form and the flat spring (Japanese Patent Application-No. No. 260680 [09 to ], official report) of I form are arranged to the bearing of a micro-actuator, a flat spring is sagged with driving force small [VCM], and the rotation drive of the HGA is carried out. While a big drive stroke is comparatively obtained by the small current in the case of this force-acceleration type of 2 stage actuator (small VCM type), since rotation rigidity of a bearing spring (a cruciform spring / I form spring) cannot be strengthened, actuator main resonance (axial rotation mode) appears in a low frequency band and it has the problem of narrowing a servo band. Moreover, in using a digital controller, since the sensor which detects the relative displacement of the 2nd step of actuator with the 1st step is needed unlike 2 stage actuator of the force-displacement mold mentioned later, there is also a problem that a system is complicated.

[0009] On the other hand, 2 stage actuator of the force-displacement mold (high STIFFNESS mold) shown in drawing 23 Arrange a piezoelectric device D2 in the junction location of the holder arm D1 and the HGA section D4, and make the HGA section D4

drive using the piezo-electric effect, and as shown in this drawing, a piezoelectric device D2 is embedded directly at the point of the holder arm D1. The HGA section D4 which the parallel flat spring D3 of the pair really constituted from molding in the point of the holder arm D1 was sagged by distortion of a piezoelectric device D2, and similarly attached it in the point is made to drive. [0010] Moreover, recently, as shown in drawing 24, small actuator Spring-8 is arranged between a holder arm and HGA, and the type which makes HGA which the piezoelectric device 16 of a pair was fixed on it, and actuator Spring-8 was sagged, and was connected to the edge drive, the type which makes the HGA section E2 drive using the thickness slip vibration (1-5 mode) of a piezoelectric device E1 as shown in drawing 25 are announced.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Construction of a servo system is easy for 2 stage actuator of a these force-displacement mold, high-speed operation is possible, and since it can design to high rigidity, there is an advantage that a large servo band can be taken, but since the displacement stroke of a piezoelectric device is small, the head movable range by the 2nd step of actuator becomes narrow, and there is a fault of receiving a limit in the truck flattery engine performance. In such a case, in order to extend the drive range of the magnetic head, it is necessary to design an actuator spring but so that a drive scale factor (the variation rate of a piezoelectric device the amount of drives of the magnetic head to an amount) may become large, and if it becomes so, shortly, actuator support rigidity will become low and dependability (loading / unload endurance) will fall victim shock-proof ability and over a long period of time. Moreover, although it is necessary to enlarge thickness of a piezoelectric device for obtaining sufficient driving force since the generating force of a piezoelectric device is proportional to the cross section (and applied voltage) of the component section, the mounting height of 2 stage actuator becomes large in that case, and mounting of a between [ \*\*\*\* ] becomes difficult.

[0012] It is in offering the high speed and the highly precise magnetic-head positioning device which this invention is made based on the situation mentioned above, and the \*\* track pitch (less than [ track pitch 1micrometer ]) of 25 or more kTPIs of track density can also follow the purpose in the magnetic disk drive exceeding 10 Gb/in<sup>2</sup> of high recording density, and 3kHz or more of servo bands can be secured.

[0013]

[Means for Solving the Problem] The magnetic-head positioning device of this invention is equipped with a magnetic-head support device and 2 stage actuator. Said magnetic-head support device It is constituted so that the slider which carried the magnetic head may be supported. Said 2 stage actuator The fine actuator section to which the minute amount variation rate of the magnetic-head support device is made to carry out in the seeking direction of said magnetic head, It consists of the course actuator sections to which the variation rate of said fine actuator section is made to carry out in the seeking direction of said magnetic head with a voice coil motor. Said fine actuator section comes to have the sheet metal-like actuator spring and two piezoelectric devices which support said magnetic-head support device. The minute amount displacement to the seeking direction of said magnetic head of said magnetic-head support device Said two piezoelectric devices are made to generate driving force by impressing an electrical potential difference to said two piezoelectric devices by turns, and it is characterized by being carried out by sagging said actuator spring section elastically with said driving force. Therefore, highly precise truck flattery actuation (following) can be performed by making the minute drive of the magnetic-head support device connected to said fine actuator section carry out in the seeking direction, and carrying out point-to-point control of each magnetic head according to an individual by making said two piezoelectric devices generate driving force by impressing an electrical potential difference to said two piezoelectric devices by turns, and sagging said actuator spring section elastically with said driving force.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Next, it explains to a detail, referring to a drawing about the gestalt of operation of the magnetic-head slider positioning device of this invention. First, the gestalt of the 1st operation is explained with reference to a drawing. Drawing 1 (a), (b), (c1), and (c2) are the top view showing the gestalt of the 1st operation, a side elevation, an important section side elevation, and an important section top view. Drawing 2 (a), (b), and (c) are the top view showing the detail of the fine actuator section of the gestalt of the 1st operation, a side elevation, and the top view of an actuator spring. Drawing 3 (a) and (b) are the perspective views showing the 1st configuration of the gestalt of operation similarly. Moreover, drawing 4 (a) and (b) are the top views and side elevations showing the structure and the principle of operation of the actuator spring section. Drawing 5 (a) and (b) are the top views showing the drive approach by the piezoelectric device. Drawing 6 (a), (b), and (c) are the displacement showing the spring behavior at the time of fine actuator actuation. Drawing 7 (a) and (b) are the characteristic ray Figs. showing the graph (simulation) which shows the amount of displacement of a piezoelectric device (deformation amount), and the drive distance of the magnetic head, and an oscillation characteristic. Moreover, drawing 8 (a) is the top view of the actuator spring in the gestalt of the 1st operation.

[0015] In drawing 1, the magnetic-head positioning device consists of 2 stage actuators which serve as the magnetic-head support device 5 from the fine actuator section 6 and the course actuator section 7. The fine actuator section 6 is connected to the holder arm 11 which consists of actuator Spring-8 and a piezoelectric device 16, and constitutes the course actuator section 7 in the holder arm caulking location 10 (equivalent to the 2nd supporter of a claim) in drawing. Moreover, the arm block (carriage) 13 which consists of two or more holder arms 11 is combined with the external fixed magnetic circuit which has a moving coil 12 and is not illustrated by the end, builds VCM, and forms the course actuator section 7.

[0016] On the other hand, as shown in drawing 2 (a) and (b), said magnetic-head support device 5 consists of load beams 4 for giving thrust to the slider 2 of the surfacing mold which carried the magnetic head 1, or a contact mold, and the gimbal spring 3 and slider 2 which support it. And a slider 2 is made into the sense which counters a record medium 26, and it connects with said FAI actuator section 6 in the suspension caulking location 9 (equivalent to the 1st supporter of a claim). Moreover, as shown in drawing 2 (c), actuator Spring-8 of said fine actuator section 6 has the side spring 17 of two long I forms, and the center spring 18 of one short I form between the suspension caulking location 9 and the holder arm caulking location 10.

[0017] Said center spring 18 is located on the medial axis of the longitudinal direction of actuator Spring-8, and said two side springs 17 are arranged at a serial at the sense which intersects perpendicularly with the medial axis of the longitudinal direction of actuator Spring-8 on both sides of said center spring 18 in between. At this time, as shown in drawing 2 (c), the drive clearance 25 is formed between the side spring 17 of said actuator Spring-8 and the center spring 18, and the holder arm caulking location 9. And as shown in drawing 3 (a), it is arranged in parallel with the direction in which the piezoelectric device 16 of the pair of a rectangular parallelepiped configuration meets that longitudinal shaft on both sides of the medial axis of the longitudinal direction of said actuator Spring-8 in the form over this drive clearance 25. On actuator Spring-8, the both ends of the driving direction paste the piezoelectric-device adhesion locations 21 and 21 (equivalent to the part of the 1st and 2nd supporter of a claim) shown in a slash field in drawing 2 (c), respectively, and each piezoelectric device 16 is being fixed. Here,

the above-mentioned drive clearance 25 is formed among the piezoelectric-device adhesion locations 21 and 21 where adhesion immobilization of the piezoelectric device 16 is carried out.

[0018] The ingredient which has toughness, such as SUS304, is used for actuator Spring-8. Short I form spring of the center spring 18 which forms actuator Spring-8 as shown in drawing 4 (a) is set up so that spring length (Lc) and spring width of face (Wc) may become almost equal. As for two long and slender I form springs of the side spring 17, it is desirable to set up so that spring length (Ls1, Ls2) may become sufficiently long compared with spring width of face (Ws1, Ws2). Since the advancing-side-by-side rigidity within a field will also become low if too not much thin, it becomes impossible to set up actuator main resonance highly, although drive loss of a piezoelectric device can be small suppressed since rotation rigidity can be low designed at this time so that the spring width of face of the center spring 18 and the side spring 17 is thin. If it is made, not much thick too much, it will become impossible moreover, to process thinly the spring width of face (Wc, Ws1, Ws2) of the center spring 18 or the side spring 17, although it is desirable to set up thickly within limits which mounting allows as for the board thickness (ta) of actuator Spring-8 when the curvature by loading/unload of shock resistance or the magnetic-head support device 5 takes into consideration the effect of the stress given to a piezoelectric device (loading / unload endurance). For example, when the board thickness of actuator Spring-8 is set as ta=200micrometer, and etching processing is used, both the spring width of face of the center spring 18 and the side spring 17 can be processed only to 200 micrometers of board thickness extent. To process it by wire cut etc., although the limit is not applied, since productivity becomes low and cost goes up it, cautions are required.

[0019] Moreover, although rotation rigidity will become low and a head drive scale factor (the variation rate of a piezoelectric device the amount of drives of the magnetic head to an amount) will rise if distance which shows the physical relationship of the edge by the side of the magnetic head 1 of the center spring 18 and the side edge section by the side of the piezoelectric device 16 of the side spring 17 is set to LD as shown in drawing 4 (a), this distance LD is made small and the center spring 18 and the side spring 17 are brought close, the main resonance of an actuator falls to coincidence. On the contrary, although a head drive scale factor will decrease in order that a driving shaft may shift from on a center spring to a magnetic-head side if distance LD is enlarged and the center spring 18 and the side spring 17 are detached, actuator main resonance can be designed highly. That is, it becomes possible to set up the drive scale factor of the magnetic head greatly by approaching the edge by the side of the magnetic head 1 of the center spring 18, and the side edge section by the side of the piezoelectric device 16 of the side spring 17, and it becomes possible to set up actuator main resonance highly by estranging the side edge section by the side of the piezoelectric device 16 of the side spring 17.

[0020] On the other hand, a longitudinal-effect component, a transversal-effect component or a stack form laminating longitudinal-effect component, etc. can be used for the piezoelectric device used for the minute drive of the magnetic head. If the workability of electric connection is taken into consideration, it will be easy to use a transversal-effect component, but when cost-constraint is loose, the laminating type electrostrictive actuator (stack form laminating longitudinal-effect component) in which use by the low battery is possible may be used. When using a transversal-effect component, the piezoelectric constant d in the condition that the load of the stress is not carried out is called for by the following (1) types.

[0021]

[Equation 1]

$$d = k \sqrt{\frac{\epsilon T}{Y E}} \quad (m/V) \quad \dots \dots (1)$$

[0022] It is here and they are electromechanical coupling coefficient, an epsilonT:dielectric constant, and YE:Young's modulus (N/m2).

[0023] Although the generating force is computed from electric field and a component cross section using this piezoelectric constant d, since the amount of displacement of a piezoelectric device (deformation amount) is proportional to the free length (henceforth, drive die length) except a fixed part, when driver voltage cannot be highly set up by constraint on a circuit, in order to secure the magnetic-head movable range sufficiently widely, it is good [ the amount ] at this time to set up the drive die length of a piezoelectric device greatly. for example, the case of the transversal-effect component using the software material of the ceramic ingredient of lead titanate or a titanate-acid zirconium system — the drive of a piezoelectric device — the case where the variation rate (distorted) became about 0.05% of drive length, and the electrical potential difference of 30V is impressed to the piezoelectric device of 2mm of drive length — the variation rate of a piezoelectric device — although an amount (deformation amount) is about 0.16 micrometers, when the piezoelectric device of 4mm of drive length is used, the variation rate of 0.32 micrometers can be obtained.

[0024] The drive clearance 25 (Lp: refer to drawing 4 (b)) prepared in the center in actuator Spring-8 determines the drive die length of this piezoelectric device, and in order to secure the drive range of the magnetic head widely, it should just set up this drive clearance 25 for a long time within limits which do not drop the rigidity of an actuator spring. Using such a piezoelectric device 16 as 2 sets [ 1 ], as shown in drawing 2 (a), (b), and (c), on both sides of the medial axis of the longitudinal direction of actuator Spring-8, the longitudinal direction (the direction of distortion) of a piezoelectric device 16 is arranged to the medial axis and parallel direction of a longitudinal direction of actuator Spring-8. At this time, the connecting location to actuator Spring-8 of each piezoelectric device 16 is respectively prepared for two by the side of a holder arm caulking location and a suspension caulking location ranging over the drive clearance 25, as shown in the slash section of drawing 2 (c). Among these, although the connecting locations by the side of a holder arm caulking location (piezoelectric-device adhesion location 21) should just be the holder arm 11 and a location in which it does not interfere, as for the connecting location by the side of a suspension caulking location (piezoelectric-device adhesion location 21), it is desirable to set up so that it may become a location between the side spring 17 and the center spring 18.

[0025] Although adhesives are used for connection between a piezoelectric device 16 and actuator Spring-8, whether conductive adhesives are used by the wiring approach (is a gland taken to an actuator spring or not?) of a piezoelectric device or insulating adhesives are used change. Although taking as widely as possible is desirable as for adhesion area since the driving force of a piezoelectric device is told to an actuator spring through adhesives when putting on an actuator spring like the gestalt of the 1st operation and pasting up about the adhesion area of a piezoelectric device, it becomes impossible moreover, to secure drive die length sufficient within the actuator spring restricted when jointing die length was too long. About 20 - 40% of piezoelectric-device length is suitable for the jointing die length of order.

[0026] Thus, while driving by turns the piezoelectric device 16 of the pair connected to actuator Spring-8 by making D in drawing 4 (a), and E into point of application and rotating the center spring 18 of C, the minute drive of the magnetic-head support device



5 is carried out in the seeking direction by sagging the side spring 17 of A and B in the direction of a right angle on a side spring straight side shaft (refer to drawing 4 (a)). At this time, the piezoelectric device 16 which rode on the upper part in actuator Spring-8 transmits driving force to actuator Spring-8 through the adhesives in the piezoelectric-device adhesion location 21, and carries out the variation rate of the three springs (the center spring 18 and side spring 17) (refer to drawing 4 (b)).

[0027] By the way, when making the magnetic head drive using two piezoelectric devices, two kinds can be considered to the drive method. One is a both-sides drive method as shown in drawing 5 (a), and another is a single-sided drive method shown in this drawing (b). In the case of a both-sides drive method, as shown in (i) of drawing 5 (a), in the neutral condition, this electrical potential difference (initial voltage: the inside of drawing 15 V) is given to both piezoelectric devices A and B, and as shown in (ii) of drawing 5 (a), and (iii) at the time of a head drive, a twice [ at the time of a neutral ] as many electrical potential difference (the inside of drawing 30 V) as this is impressed to one piezoelectric device for 0V at the piezoelectric device of another side. The piezoelectric device of one side (0V) is expanded by this, the actuation in the differential of making the piezoelectric device of another side (30V) reduce is attained, and a head drive scale factor can be gathered. In the case of a single-sided drive method, it sets without applying an electrical potential difference to piezoelectric devices 16A and 16B (initial-voltage =0V), and as shown in (i) of drawing 5 (b), at the time of a head drive, an electrical potential difference is impressed only to the piezoelectric device of a driving side (the inside of drawing 30 V), and as shown in (ii) of drawing 5 (b), and (iii), in the neutral condition, it sets without applying an electrical potential difference to an opposite piezoelectric device. In this case, only piezoelectric device (driving side) of one of the two displaces, and another side becomes [ being fixed with as, and ]. In the case of such a drive method, compared with said both-sides drive method, about 1/ of head drive scale factors is set to 2, but since it is not necessary to impress an electrical potential difference in the neutral condition, there is little effect (initial stress etc.) on the actuator spring according to a piezoelectric device at an initial state, and it is excellent in workability (productivity) and power-saving nature.

[0028] Drawing 6 shows the result of having analyzed the behavior of an actuator spring when the driving force of a piezoelectric device acts on the fine actuator of the gestalt of the 1st operation by simulation. SUS304 of 200 micrometers of board thickness is used for an actuator spring, PZT ( $L \times W \times t = 2.5 \text{ mm} \times 1.0 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm}$ ) is used for the piezoelectric device, and the load of the driving force of 30V impression (80gf) is carried out. It turns out that a side spring bends centering on a center spring, and the magnetic-head support device is driving with the variation rate of a piezoelectric device.

[0029] a piezoelectric-device drive when the actuator spring of the gestalt of the 1st operation is used for drawing 7 (a) — the relation of the drive distance of the magnetic head to a variation rate — being shown — \*\*\*\* — an axis of abscissa — a piezoelectric-device drive — a variation rate — magnetic-head drive distance (micrometer) is shown for the amount (micrometer) on the axis of ordinate. Moreover, this drawing (b) shows the frequency characteristics of the fine actuator section of this example, a frequency (Hz) is shown on an axis of abscissa, and gain (dB) is shown on the axis of ordinate. All are the analysis results by simulation. Compared with the conventional 2 stage actuator (type which an actuator spring is sagged by two piezoelectric devices like this example, and drives HGA) introduced by drawing 24, 2 stage actuator of this example has the large drive scale factor (a both-sides drive method estimates both) of the magnetic head, and it turns out that it can also be designing actuator main resonance (Sway) highly to coincidence. That is, the good oscillation characteristic in which a resonance peak does not appear to a high-frequency band can be acquired.

[0030] With the point of sagging an actuator spring using the piezoelectric device of a pair, and driving HGA, with 2 stage actuator of this invention, although the conventional 2 stage actuator shown by drawing 24 is common, it differs from 2 stage actuator of this invention at the point which arranges the piezoelectric device at the right angle at the medial axis of the longitudinal direction of an actuator spring. Since two piezoelectric devices are arranged together with length crosswise [ of an actuator spring ] in the case of this conventional 2 stage actuator, the large drive die length of a piezoelectric device cannot be taken rather than full [ of an actuator spring ]. Therefore, there is a fault that increasing the amount of displacement of a piezoelectric device cannot take the large drive range of the magnetic head difficultly. On the other hand, since 2 stage actuator of this invention arranges the piezoelectric device of a pair in parallel in accordance with actuator spring straight side shaft orientations and it can enlarge a piezoelectric device compared with said conventional 2 stage actuator (drive length is lengthened), it is easy to increase the amount of displacement of a piezoelectric device and to extend the drive range of the magnetic head.

[0031] Moreover, the actuator spring section of said conventional 2 stage actuator Serial arrangement of the side spring of a pair is carried out at a right angle like the actuator spring of this invention at an actuator spring straight side shaft at a right-and-left edge. Although it is common to the point which arranges one center spring on the medial axis of a longitudinal direction (refer to drawing 24), in 2 stage actuator of this invention It differs in that it is different in the center spring in that the flat spring of extremely short (width of face and die length are almost equal) I form is used compared with the side spring, and the point of application of the driving force by the piezoelectric device is set to a holder arm side rather than the center spring. By these, 2 stage actuator of this invention can set up a revolving shaft on a center spring, and can gather the drive scale factor of the magnetic head. furthermore, since the actuator spring structure which arrange the flat spring of a short I form on a driving shaft can set up the rigidity outside a field strongly, make field internal version rigidity small compared with said conventional 2 stage actuator, while it can suppress movements field outside at the time of a HGA drive ( the recess to a roll / a pitch direction, and the curvature to a medium perpendicular direction ) and can make the loss of driving force small as much as possible, it be possible to secure shock resistance, and loading / unload endurance.

[0032] Next, the gestalt of the 2nd operation is explained with reference to a drawing. Drawing 8 (a) is the top view of the actuator spring in the gestalt of the 2nd operation. With the gestalt of the 1st operation, the center spring prepared in actuator Spring-8 was formed by the flat spring of one short I form arranged on the medial axis of the longitudinal direction of actuator Spring-8. On the other hand, with the gestalt of the 2nd operation, the center spring 18 is arranged so that it may extend in parallel with two side springs 17, namely, so that it may extend in the direction which intersects perpendicularly with the medial axis of the longitudinal direction of an actuator spring. At this time, the center spring 18 of said pair is arranged rather than said side spring 17 at a holder arm side (equivalent to the part near the 2nd supporter of a claim), and is arranged rather than said side spring at the medial-axis approach of the longitudinal direction of an actuator spring. At this time, the piezoelectric device 16 of a pair is arranged in parallel on both sides of the medial axis of an actuator spring longitudinal direction, and the end of the piezoelectric-device adhesion location 21 comes between the center spring 18 and the side spring 17, the gestalt of the 2nd operation — the drive of a piezoelectric device — since it is the structure where bending of the side spring which is the flat spring of two long I forms, and the center spring which is the flat spring of two short I forms receives a variation rate, HGA support rigidity is markedly alike and becomes strong. Therefore, it is effective, when you want to suppress actuator resonance

to a high frequency band, or when it seems that he wants to make board thickness of an actuator spring thin, maintaining frequency characteristics good [ without lowering the rigidity outside a field ].

[0033] Next, the gestalt of the 3rd operation is explained with reference to a drawing. Drawing 8 (b) is the top view of the actuator spring in the gestalt of the 3rd operation. Although the side spring prepared in the actuator spring has been arranged to the serial in the direction of a right angle with the gestalt of said 1st operation at the medial axis of an actuator spring longitudinal direction. With the gestalt of the 3rd operation, it arranges to the typeface of "Ha" who does opening of the side spring 17 toward the HGA side. It arranges to the typeface of "Ha" who does opening of the piezoelectric device 16 of the pair arranged in parallel on both sides of the medial axis of the longitudinal direction of an actuator spring toward a holder arm side. Namely, said center spring 18 extended in said direction of a medial axis on said medial axis, and said two side springs 17 are the parts which sandwich said medial axis, and it has extended in the direction which intersects said medial axis so that spacing by the side of said 1st supporter may serve as size from spacing by the side of said 2nd supporter. And said two piezoelectric devices 16 are the parts which sandwich said medial axis on said actuator spring, and they are prepared so that spacing by the side of said 2nd supporter may serve as size from spacing by the side of said 1st supporter and the driving direction of said piezoelectric device 16 may intersect said medial axis. Furthermore, said side spring 17 and piezoelectric device 16 which are located in the same side to said medial axis are constituted so that the extension direction of said side spring 17 and said driving direction of said piezoelectric device 16 may intersect perpendicularly mostly and may cross.

[0034] Thus, by arranging a piezoelectric device so that the driving direction may become slanting to the medial axis of the longitudinal direction of an actuator spring, since longer drive die length can be taken, it becomes possible to extend the drive range of the magnetic head. Moreover, while making the driving force of a piezoelectric device 16 act perpendicularly in the bending direction of the flat spring of 17 of a side spring and suppressing drive loss with constituting so that the extension direction of the side spring 17 and the driving direction of a piezoelectric device 16 may intersect perpendicularly and cross, it becomes possible to design an actuator spring in a compact.

[0035] Next, the gestalt of the 4th operation is explained with reference to a drawing. Drawing 9 (a), (b), and (c) are the perspective views showing 2 stage actuator in the gestalt of the 4th operation. Drawing 10 (a) and (b) are the perspective views and side elevations showing the detail of the piezoelectric device connection in the 4th example. Drawing 11 (a) and (b) are the top views, side elevations, and block diagrams explaining the structure of 2 stage actuator in the 4th example. Moreover, drawing 12 (a) and (b) are the side elevations explaining the example of connection of the piezoelectric device to the fine actuator section of 2 stage actuator in the 4th example.

[0036] As shown in drawing 9 thru/or drawing 11, with the gestalt of the 4th operation, actuator Spring-8 of the fine actuator section 6 is divided into the up actuator spring 19 (equivalent to the 1st spring section of a claim), and the lower actuator spring 20 (equivalent to the 2nd spring section of a claim), namely, it divides into the thin steel plate of two upper and lower sides, and forms. And only the center spring 18 which turns into the lower actuator spring 20 from the flat-spring configuration of one short I form among actuator Spring-8 which divided into the thin steel plate of two upper and lower sides, and was formed is arranged on the medial axis of the longitudinal direction of an actuator spring. Only the side spring 17 which becomes the up actuator spring section 19 from the flat-spring configuration of long I form of a pair among above-mentioned actuator Spring-8 on the other hand is arranged at the serial to the sense which intersects perpendicularly with the medial axis of an actuator spring longitudinal direction. And when actuator Spring-8 of one sheet is formed by sticking these up actuator spring 19 and the lower actuator spring 20, and joining, the center spring 18 will be constituted by the lower berth and the side spring 17 will be constituted by the upper case.

[0037] In addition, with the gestalt of the 4th operation, although the side spring 17 was set as the up actuator spring 19 and the center spring 18 was set as the lower actuator spring 20, reverse is sufficient as the part in which the side spring 17 and the center spring 18 are formed. Although adhesives may be used for junction of the actuator spring of the upper part and the lower part, the laser spot welding used by junction of a magnetic-head support device may be used. At this time, as shown in drawing 12 (a), the board thickness ( $t_1$ ) of the up actuator spring 19 and the board thickness ( $t_2$ ) of the lower spring 20 are set up so that it may become equal, and carry out board thickness ( $t_1+t_2$ ) when sticking the actuator spring of two upper and lower sides, and forming the actuator spring of one sheet in all as [ become / equal to the board thickness ( $t_a$ ) of said 1st 2 stage actuator ].

[0038] As shown in drawing 10 (b), moreover, the drive clearance ( $L_{pL}$ ) between the lower actuator springs 20 (equivalent to the 2nd drive clearance between claims) It sets up so that only the amount of piezoelectric device adhesion die length may become short rather than the drive clearance ( $L_{pU}$ ) between up actuator springs (equivalent to the 1st drive clearance between claims). And the die length of the drive clearance ( $L_{pU}$ ) between up actuator springs is set up so that it may become equal to the drive lay length of a piezoelectric device. For this reason, the piezoelectric device 16 of the pair for a drive rides in the form over a drive clearance ( $L_{pL}$ ) on a lower actuator spring, and is connected in the form inserted between the drive clearances ( $L_{pU}$ ) between up actuator springs at coincidence (refer to drawing 10 (b)). If it puts in another way, the step is formed in the part of said 1st and 2nd supporter, respectively by one side of the 1st and 2nd drive clearance being set up more widely than another side. And immobilization to said actuator spring of a piezoelectric device 16 is performed where the end and the other end of a driving direction of a piezoelectric device 16 are inserted in said step.

[0039] While junction of a piezoelectric device becomes firm and being able to suppress the drive loss by adhesives slipping by this since the adhesion area of a piezoelectric device 16 is securable by both the inferior surface of tongue of a component, and the perpendicular end face as shown in drawing 12 (a), mounting height can be low stopped by the board thickness of an up actuator spring ( $t_1$ ). Or while being able to enlarge the generating (it is proportional to cross-sectional area of component) force by leaving mounting height as it is conversely, and increasing the thickness ( $t_{PZT}$ ) of a piezoelectric device, rigidity of a fine actuator mechanical component can be strengthened, and 2 stage actuator excellent in shock resistance or dependability can be offered.

[0040] In the example of drawing 12 (a), although board thickness of said up actuator spring and a lower actuator spring was made the same, by the example shown in drawing 12 (b), the mistake in the board thickness of said up actuator spring and a lower actuator spring is made, and the board thickness ( $t_2$ ) of a lower actuator spring is set up so that it may become small compared with the board thickness ( $t_1$ ) of an up actuator spring. Even in this case, it is made for the board thickness ( $t_a$ ) of actuator Spring-8 when sticking the actuator spring of the upper part and the lower part to become the same as the case of the gestalt of said the 1st thru/or 3rd operation.

[0041] While the plane-of-composition product (especially perpendicular end face) to the upper part of the piezoelectric device 16 in the upper part which was mentioned above, and the step formed by changing the magnitude of the drive clearance between the lower actuator springs 19 and 20, and the part of the lower actuator springs 19 and 20 becomes still larger by this and being

able to suppress loss of driving force, since the piezoelectric device itself can be designed more thickly, the generating force strong enough is acquired. Moreover, when not changing thickness of a piezoelectric device, since mounting height can be set up small, mounting of a between [ \*\*\*\* ] is attained. In addition, since it is set up so that the board thickness ( $t_2$ ) of a lower actuator spring may become small in this case compared with the board thickness ( $t_1$ ) of an up actuator spring, and the rigidity of a lower actuator spring is falling by reduction in board thickness as compared with the case of drawing 12 (a), it is necessary to set up spring width of face ( $W_c$ ) widely, and it is necessary to perform rigid adjustment.

[0042] Next, the gestalt of the 5th operation is explained with reference to a drawing. (a) of drawing 13, (b), and (c) are the perspective views and block diagrams showing the structure of 2 stage actuator in the gestalt of the 5th operation. Drawing 14 (a), (b), and (c) are the explanatory views explaining the top view, the side elevation, and assembly which show 2 stage actuator of the gestalt of the 5th operation. Drawing 15 (a), (b), and (c) are the side elevations explaining connection of the piezoelectric device in 2 stage actuator of the gestalt of the 5th operation.

[0043] As shown in drawing 13, the magnetic-head support device 5 is equipped with the load beam section 4, and is constituted. The load beam section 4 is formed with the steel plate of one sheet, and consists of body section 4A, Division for Interlibrary Services 4B, and the back up plate 23. And the load beam section 4 is set up so that the part except the center spring section 18 and the side spring section 17 of actuator Spring-8 which were set up with the gestalt of the 1st operation may be overlapped (it piles up like). Here, body section 4A is joined to the 1st supporter of actuator Spring-8, and the back up plate 23 is joined to the 2nd supporter of actuator Spring-8, and Division for Interlibrary Services 4B is constituted so that the back up plate 23 may be connected with body section 4A. It extends in the direction which intersects perpendicularly with said medial axis in two places into which Division for Interlibrary Services 4B inserts the medial axis of actuator Spring-8 in the example of drawing 13, an end is connected to body section 4A, and the other end is connected to the back up plate 23. At this time, the drive clearance between the piezoelectric devices 16 built with said load beam 4 (LpS: refer to drawing 14 (b)) (equivalent to the load beam side drive clearance between claims) is set up so that it may become shorter than the drive clearance (Lp: refer to drawing 14 (b)) formed in said actuator Spring-8.

[0044] Thereby, when the magnetic-head support device 5 is joined to actuator Spring-8 by laser spot welding etc., in the drive clearance section 25, the piezoelectric-device adhesion location section 21 consists of forms where a part of body section 4A of the load beam 4 and back up plate 23 projected from the drive clearance 25 (Lp) where it made actuator Spring-8 into the upper case and the load beam section 4 is made into the lower berth. At this time, the connection part of L typeface will be formed seen from the side face in the piezoelectric-device adhesion location section 21 with actuator Spring-8 and the steel plate of the load beam 4 (and back up plate 23) (refer to drawing 14 (b)). The piezoelectric device 16 for a drive is embedded in the piezoelectric-device adhesion location section 21 of this L typeface, and actuator Spring-8 (and load beam 4 joined to it) and a piezoelectric device 16 are joined by fixing the base and perpendicular end face of a component with adhesives etc. If it puts in another way, the connection part (step) of L typeface is formed in the part of said 1st and 2nd supporter, respectively by the load beam side drive clearance Lps narrower than said drive clearance Lp being formed in the part corresponding to said drive clearance between actuator springs between body section 4A and the back up plate 23. And immobilization to said actuator spring of a piezoelectric device 16 is performed where the end and the other end of a driving direction of said piezoelectric device 16 are inserted in the connection part of said L typeface.

[0045] Moreover, after it forms them with the steel plate of one sheet at first and they join the magnetic-head support device 5 to actuator Spring-8 (the part of the back up plate 23 as well as the load beam section 4 is joined to actuator Spring-8 at this time) (assembly), said load beam 4 and back up plate 23 are easy to process it, if Division for Interlibrary Services 4B which connects the load beam section 4 and the back up plate 23 is excised (refer to drawing 14 (c)).

[0046] Since at least jointing of a piezoelectric device 16 is securable by both the inferior surface of tongue of a component, and the perpendicular end face, while junction becomes firm and being able to suppress the drive loss by adhesives slipping like the case of the gestalt of the 4th operation also in the gestalt of the 5th operation by this, mounting height (refer to drawing 15 (a)) can be low stopped by the board thickness ( $t_a$ ) of actuator Spring-8. Or the generating force of a mechanical component can be enlarged by leaving mounting height as it is conversely, and increasing the thickness ( $t_{PZT}$ ) of a piezoelectric device 16 (refer to drawing 15 (b)). Moreover, since thickness of an actuator spring can be thickened and rigidity of a fine actuator mechanical component can also be strengthened as shown in drawing 15 (c), 2 stage actuator excellent in shock resistance or dependability can be offered. Or when not changing thickness of a piezoelectric device, since mounting height can be set up small, mounting of a between [ \*\*\*\* ] becomes easy.

[0047] Next, the gestalt of the 6th operation is explained with reference to a drawing. Drawing 16 (a), (b), and (c) are the perspective views and block diagrams showing the structure of 2 stage actuator in the gestalt of the 6th operation. Drawing 17 (a) and (b) are the top views and block diagrams showing 2 stage actuator of the gestalt of the 6th operation. It is the top view and side elevation explaining the principle of operation of drawing 18 (i), (ii), and (iii) 2 stage actuator of the gestalt of the 6th operation.

[0048] In drawing 16, like the case of the gestalt of the 4th operation, actuator Spring-8 was similarly formed with the thin steel plate of two upper and lower sides, among these only the side spring 17 of I form where a pair is long to the up actuator spring 19 is arranged at the serial to the sense which intersects perpendicularly with the medial axis of an actuator spring longitudinal direction. On the other hand, to the lower actuator spring 20, only the center spring 18 of one short I form is arranged on the medial axis of an actuator spring longitudinal direction. These up actuator spring 19 and the lower actuator spring 20 are stuck, and actuator Spring-8 of one sheet in all is formed. At this time, the center pulling 18 will be constituted by the lower berth and the side spring 17 will be constituted by the upper case.

[0049] Moreover, to the lower actuator spring 20, although the drive clearance 25 is established in the up actuator spring 19 like the case of the gestalt of the 4th operation, a drive clearance is set without setting up. The inferior surface of tongue (equivalent to the end face of a claim) of the piezoelectric device 16 driven in the slipping mode (1-5 mode) of a pair from the center spring 18 on both sides of the medial axis of the longitudinal direction of said lower actuator spring 20 in the part by the side of a holder arm (equivalent to the part of the 2nd supporter of a claim) is pasted up. On the other hand, two piezoelectric-device adhesion tooth spaces 26 (equivalent to the fixed part of a claim) elongated to a holder arm side on both sides of the medial axis of the longitudinal direction of said actuator spring are provided for the back end section from the suspension caulking location 9 of the load beam section 4 which constitutes the magnetic-head support device 5. The piezoelectric-device adhesion tooth space 26 is constituted so that spacing may be set in the part of said lower actuator spring 20, and the thickness direction of an actuator spring and they may be met. And a piezoelectric device 16 is in the condition inserted into the piezoelectric-device adhesion tooth space 26 and said lower actuator spring 20, and the top face (equivalent to the end face of a claim) of said piezoelectric



device 16 pastes it up on the piezoelectric-device adhesion tooth space 26.

[0050] Since it drives so that a top face may be slippery forward and backward when an inferior surface of tongue is fixed and an electrical potential difference is applied, as shown in drawing 18, and the piezoelectric device 16 driven in this slipping mode (1-5 mode) becomes a plane-of-projection configuration near a square with short die length (driving direction) and wide width of face, it is desirable to secure sufficient adhesion area for said piezoelectric-device adhesion tooth space 26. Moreover, the thickness (tPZT) of said piezoelectric device 16 and the board thickness (t1) of said up actuator spring 19 are set up so that it may become equal, and they take care so that the piezoelectric-device adhesion tooth space 20 of said load beam 4 and the top face of a piezoelectric device 16 may come in the same flat surface. Thus, when 2 stage actuator is built using the piezoelectric device of the pair driven in slipping mode (1-5 mode), In the neutral location, the fixed electrical potential difference (initial voltage : the inside of drawing 18 (i) 15 V) is impressed to both the piezoelectric device A and the piezoelectric device B. At the time of a magnetic-head drive, a twice [ at the time of a neutral ] as many electrical potential difference (inside (iii) drawing 18 (ii), 30 V) as this is impressed [ piezoelectric device of one of the two ] to 0V for another side, and both piezoelectric devices are made to drive by differential. In such a 2 stage actuator, since the piezoelectric device was put by the upper and lower sides and it has joined while the adhesion area of a piezoelectric device can secure greatly, it becomes possible to design the rigidity of a fine actuator mechanical component strongly.

[0051] In the conventional 2 stage actuator using the slipping mode (1-5 mode) of a piezoelectric device, there is a type driven using a hinge as shown by drawing 25. In this case, on both sides of the medial axis of a holder arm longitudinal direction, it arranged in parallel with right and left on the plate which joins the piezoelectric device of a pair to a holder arm point, the inferior surface of tongue of a piezoelectric device was joined to said plate, and the top face is joined to the mounting block which has two thin hinges.

[0052] A magnetic-head support device is connected to said mounting block, at this time, in case the magnetic head is driven, as shown in drawing 25 (b), the piezoelectric device of a Uichi Hidari pair drives by turns at a HGA longitudinal direction (slipping), two hinge regions of said mounting block shift by turns in right and left by it (to cross direction), and the minute rotation drive of the magnetic-head support device is carried out in the seeking direction. Thus, when driving HGA with two thin hinges, in order to earn a drive scale factor, a hinge region is made thin as much as possible, and it must bring near by the medial axis of a longitudinal direction up until last minute, and must arrange. Therefore, there was difficulty in reservation of shock resistance, or loading / unload endurance — the rigidity outside a field of a fine actuator mechanical component runs short, and it becomes impossible to apply a big press load to HGA etc. — etc.

[0053] On the other hand, in 2 stage actuator in the gestalt of the 6th operation, since the center spring (rotation drive) of one short I form was arranged on the actuator medial axis and the side spring (bending drive) of I form of a long pair is arranged at the actuator right-and-left edge, the rigidity outside a field can be set up strongly, keeping field internal-version rigidity small. Therefore, it is easy to be able to respond also to the Takani pile design of a magnetic-head support device, and to secure shock resistance, and loading / unload endurance.

[0054] Next, the gestalt of the 7th operation is explained with reference to a drawing. Drawing 17 (c) is the top view showing 2 stage actuator in the gestalt of the 7th operation. In 2 stage actuator of the gestalt of the 7th operation, the piezoelectric-device adhesion tooth space 27 provided for the suspension caulking location back end of the load beam 4 in the gestalt of the 6th operation is provided for the back end section of the subspacer 24 (equivalent to the holddown member of a claim) of another components in the load beam section 4. For this reason, as a procedure of an assembly, the magnetic-head support device 5 (load beam 4) is joined to said actuator Spring-8 which connected the inferior surface of tongue of a piezoelectric device 16 first, and said subspacer 24 is connected to the appropriate back in the suspension caulking location 9 of the load beam 4. Here, the subspacer 24 is joined by the part of the opposite side the up actuator spring 19 side of body section 4A of the load beam section 4. At this time, the part of the piezoelectric-device adhesion tooth space 27 of said subspacer 24 is joined to the top face of said piezoelectric device 16 at coincidence. Since the top face, the up actuator spring 19, and the load beam 4 of a piezoelectric device 16 come on the same field like the gestalt of the 6th operation in using spot welding for junction to the magnetic-head support device 5 and actuator Spring-8, spot welding of junction by the adhesives of piezoelectric-device 16 top face and the piezoelectric-device adhesion tooth space 27, and the up actuator Spring-8 and the load beam 4 must be performed to coincidence, and workability is bad. On the other hand, with the gestalt of the 7th operation, in order to prepare the subspacer 24 which has the piezoelectric-device adhesion tooth space 27 and to perform the assembly to actuator Spring-8 of the magnetic-head support device 5, and junction of a piezoelectric device 16 at another process, while workability improves, assembly precision can be raised.

[0055]

[Effect of the Invention] The magnetic-head positioning device of this invention is equipped with a magnetic-head support device and 2 stage actuator. Said magnetic-head support device It is constituted so that the slider which carried the magnetic head may be supported. Said 2 stage actuator The fine actuator section to which the minute amount variation rate of the magnetic-head support device is made to carry out in the seeking direction of said magnetic head, It consists of the course actuator sections to which the variation rate of said fine actuator section is made to carry out in the seeking direction of said magnetic head with a voice coil motor. Said fine actuator section comes to have the sheet metal-like actuator spring and two piezoelectric devices which support said magnetic-head support device. The minute amount displacement to the seeking direction of said magnetic head of said magnetic-head support device Said two piezoelectric devices were made to generate driving force by impressing an electrical potential difference to said two piezoelectric devices by turns, and it constituted so that it might be carried out by sagging said actuator spring section elastically with said driving force. Therefore, highly precise truck flattery actuation (following) can be performed by making the minute drive of the magnetic-head support device connected to said fine actuator section carry out in the seeking direction, and carrying out point-to-point control of each magnetic head according to an individual by making said two piezoelectric devices generate driving force by impressing an electrical potential difference to said two piezoelectric devices by turns, and sagging said actuator spring section elastically with said driving force.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the gestalt of operation of the 1st of this invention, and, for (a), a top view and (b) of a side elevation and (c1)) are [ an important section side elevation and (c2) ] important section top views.

[Drawing 2] It is drawing showing the detail of the fine actuator section of the gestalt of the 1st operation, and (a) is [ a side elevation and (c of a top view and (b)) ] the top views of an actuator spring.

[Drawing 3] It is a perspective view explaining the configuration of 2 stage actuator in the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the structure and the principle of operation of the actuator spring section in the gestalt of operation of the 1st of this invention, and (a) is a top view and (b) is a side elevation.

[Drawing 5] It is a top view explaining the drive approach of 2 stage actuator in the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 6] It is drawing showing the spring behavior at the time of the fine actuator actuation in the gestalt of operation of the 1st of this invention, and the displacement in which (a) and (b) show spring behavior, and (c) are important section enlarged drawings.

[Drawing 7] the piezoelectric device of 2 stage actuator in the gestalt of operation of the 1st of this invention — it is the characteristic ray Fig. showing the graph which shows the relation of the magnetic-head drive distance over a variation rate, and frequency characteristics.

[Drawing 8] It is drawing showing 2 stage actuator in the 2nd of this invention, and the gestalt of the 3rd operation, and the top view of 2 stage actuator [ in / in (a) / the gestalt of the 2nd operation ] and (b) are the top views of 2 stage actuator in the gestalt of the 3rd operation.

[Drawing 9] It is the perspective view showing 2 stage actuator in the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 10] It is drawing explaining the detail of the piezoelectric-device connection of 2 stage actuator in the gestalt of operation of the 4th of this invention, and (a) is a perspective view and (b) is a side elevation.

[Drawing 11] It is drawing explaining the structure of 2 stage actuator in the gestalt of operation of the 4th of this invention, and a top view, a side elevation, and (b) of (a) are block diagrams.

[Drawing 12] It is drawing showing the piezoelectric-device connection of 2 stage actuator in the gestalt of operation of the 4th of this invention, and the side elevation in which (a) shows an example of a piezoelectric-device connection, and (b) are the side elevations showing other examples.

[Drawing 13] It is drawing showing the configuration of 2 stage actuator in the gestalt of the 5th operation, and the perspective view in which (a) shows an assembly condition, the perspective view in which (b) shows relation with a piezoelectric device, and (c) are the perspective views showing the relation between an actuator spring and the load beam section.

[Drawing 14] It is drawing showing the configuration of 2 stage actuator in the gestalt of the 5th operation, and a top view and a side elevation, the side elevation that expanded (b), and (c) of (a) are the explanatory views showing how to assemble.

[Drawing 15] It is drawing explaining the piezoelectric-device thickness of 2 stage actuator and the relation of mounting height to the gestalt of the 5th operation, and (a) is [ a side elevation when the thickness of a piezoelectric device is thicker than the thickness of an actuator spring, and (c of a side elevation when the thickness of a piezoelectric device is the same as the thickness of an actuator spring, and (b)) ] an actuator spring and a side elevation when the thickness of a piezoelectric device is thick and the same.

[Drawing 16] It is drawing showing the configuration of 2 stage actuator in the gestalt of the 6th operation, and the perspective view in which (a) shows an assembly condition, the perspective view in which (b) shows relation with a piezoelectric device, and (c) are the perspective views showing the relation between an actuator spring and the load beam section.

[Drawing 17] It is drawing showing the configuration of the 6th and 2 stage actuator in the gestalt of the 7th operation, and the top view in which (a) shows 2 stage actuator of the gestalt of the 6th operation, the block diagram in which (b) shows 2 stage actuator of the gestalt of the 6th operation, and (c) are the side elevations and block diagrams showing 2 stage actuator of the gestalt of the 7th operation.

[Drawing 18] It is an explanatory view explaining the drive approach of 2 stage actuator in the gestalt of the 6th operation.

[Drawing 19] They are the top view, the side elevation and the Fig. of operation showing the conventional example of a magnetic-head positioning device, the perspective view showing the configuration of a magnetic-head support device, and a top view.

[Drawing 20] It is the perspective view showing the conventional example (head component drive method) of 2 stage actuator.

[Drawing 21] It is the perspective view and top view showing the conventional example (slider drive method) of 2 stage actuator.

[Drawing 22] It is the perspective view and top view showing the conventional example (HGA drive method of a force-acceleration mold) of 2 stage actuator.

[Drawing 23] It is the top view showing the conventional example (force - variation rate HGA drive method 1 of a mold) of 2 stage actuator.

[Drawing 24] It is the explanatory view showing the conventional example (force - variation rate HGA drive method 2 of a mold) of 2 stage actuator.

[Drawing 25] It is the perspective view showing the conventional example (force - variation rate HGA drive method 3 of a mold) of 2 stage actuator.

## [Description of Notations]

1 [ .. Load beam section, ] .... The magnetic head, 2 .. A slider, 3 .. A gimbal spring, 4 4A .... The body section, 4B .. The Division for Interlibrary Services, 5 .. Magnetic-head support device (suspension), 6 .... The fine actuator section, 7 .. Course actuator section, 8 .... An actuator spring, 9 .. Suspension caulking location, 10 .... A holder arm caulking location, 11... A holder arm, 12... Moving coil, 13 .... An arm block (carriage), 16 .. A piezoelectric device, 17 .. Side spring, 18 [....A piezoelectric-device adhesion location, 23 / .. The back up plate, 24 / .. A subspacer, 25 / .. A drive clearance, 26 / .. Piezoelectric-device adhesion tooth space. ] .... A center spring, 19 .. An up actuator spring, 20 .. A lower actuator spring, 21.

[Translation done.]

SECTION OF THE DISC

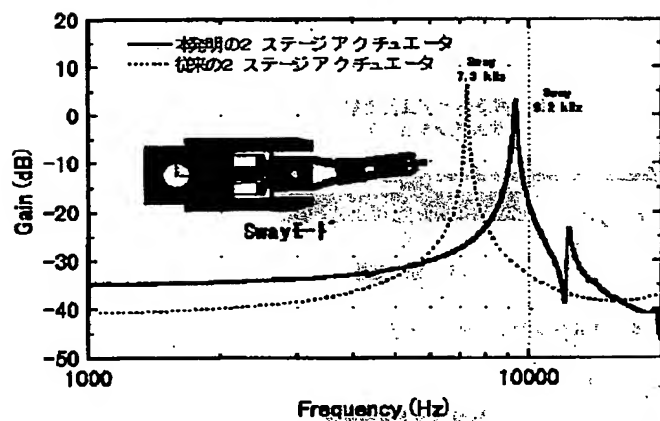
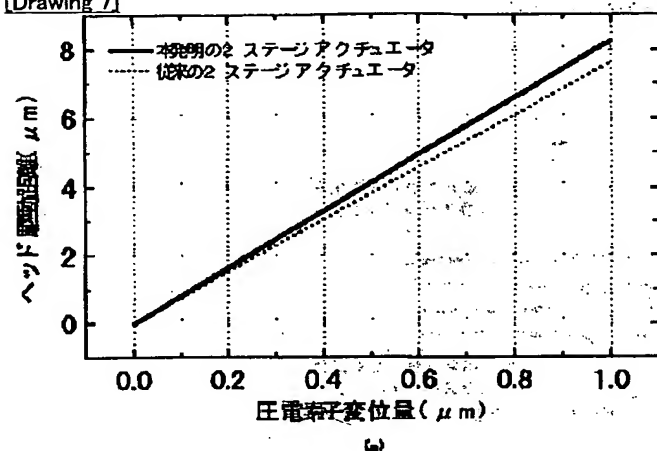
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

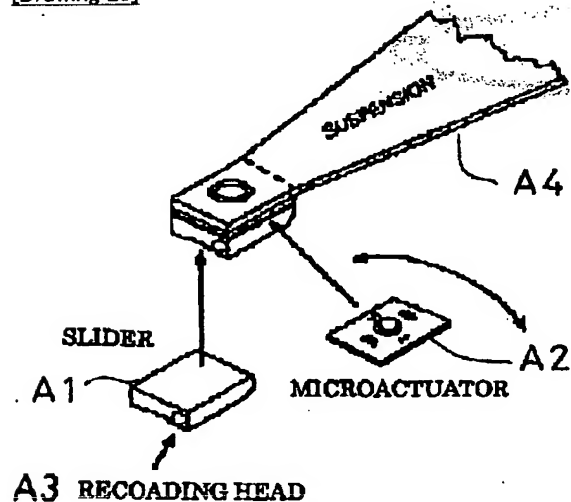
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

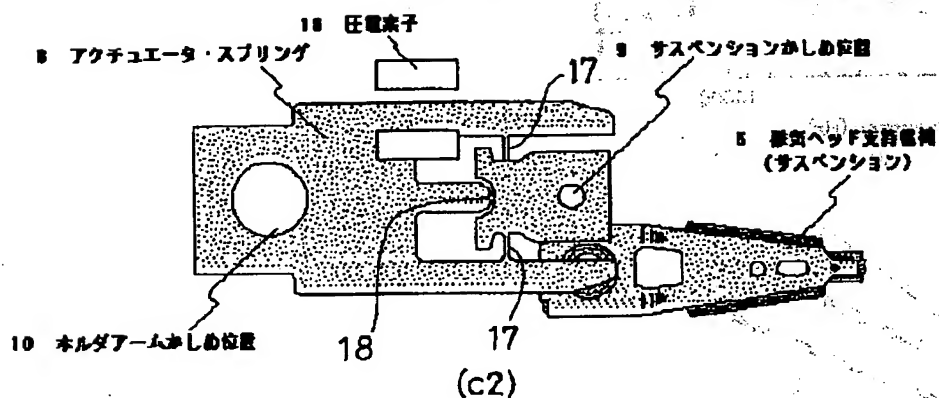
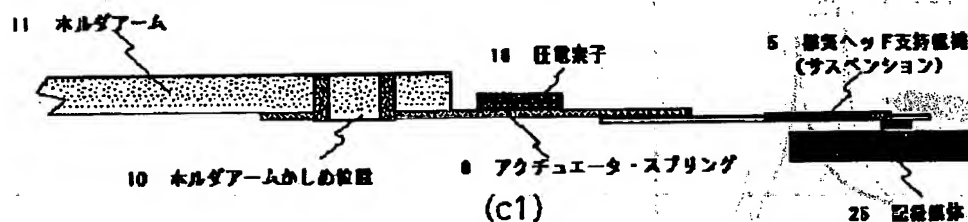
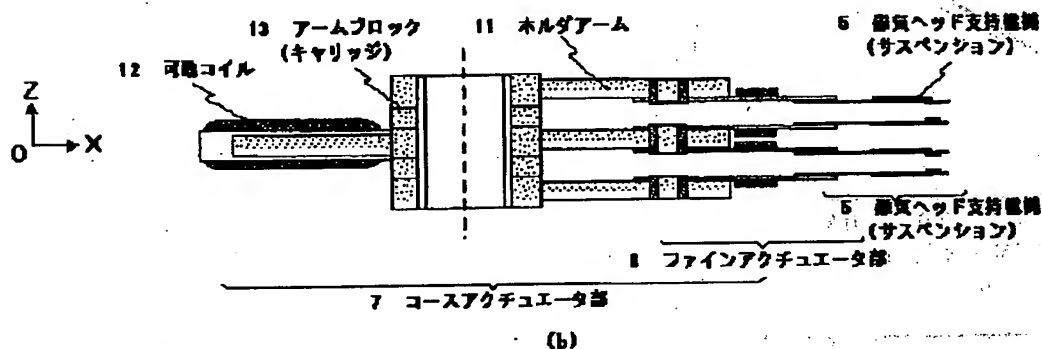
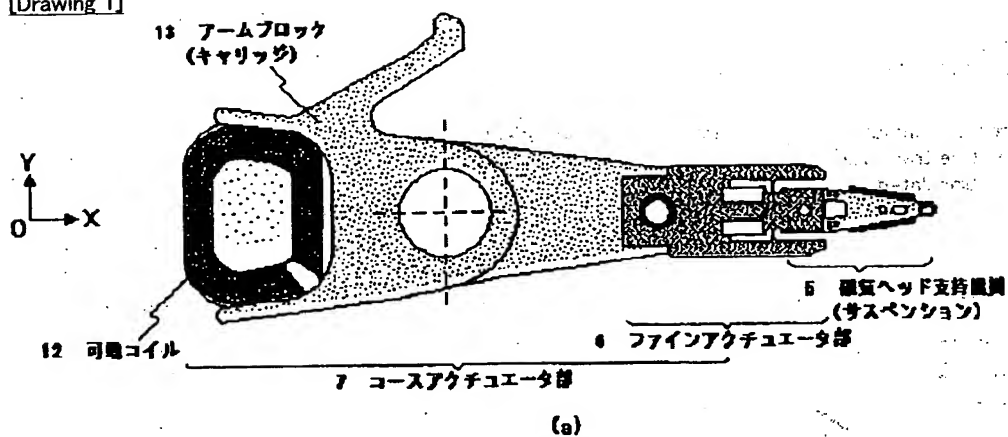
[Drawing 7]



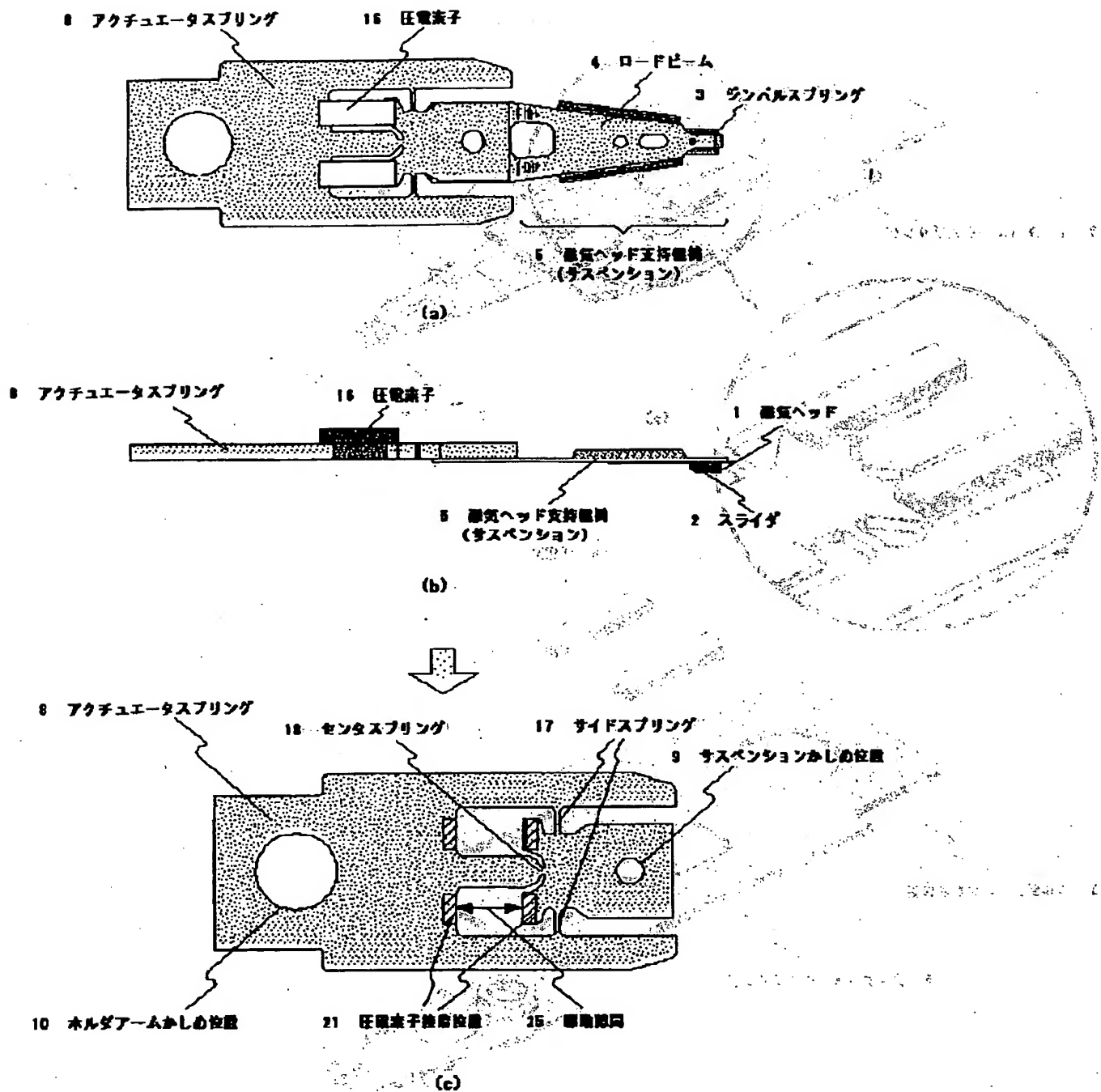
[Drawing 20]



[Drawing 1]

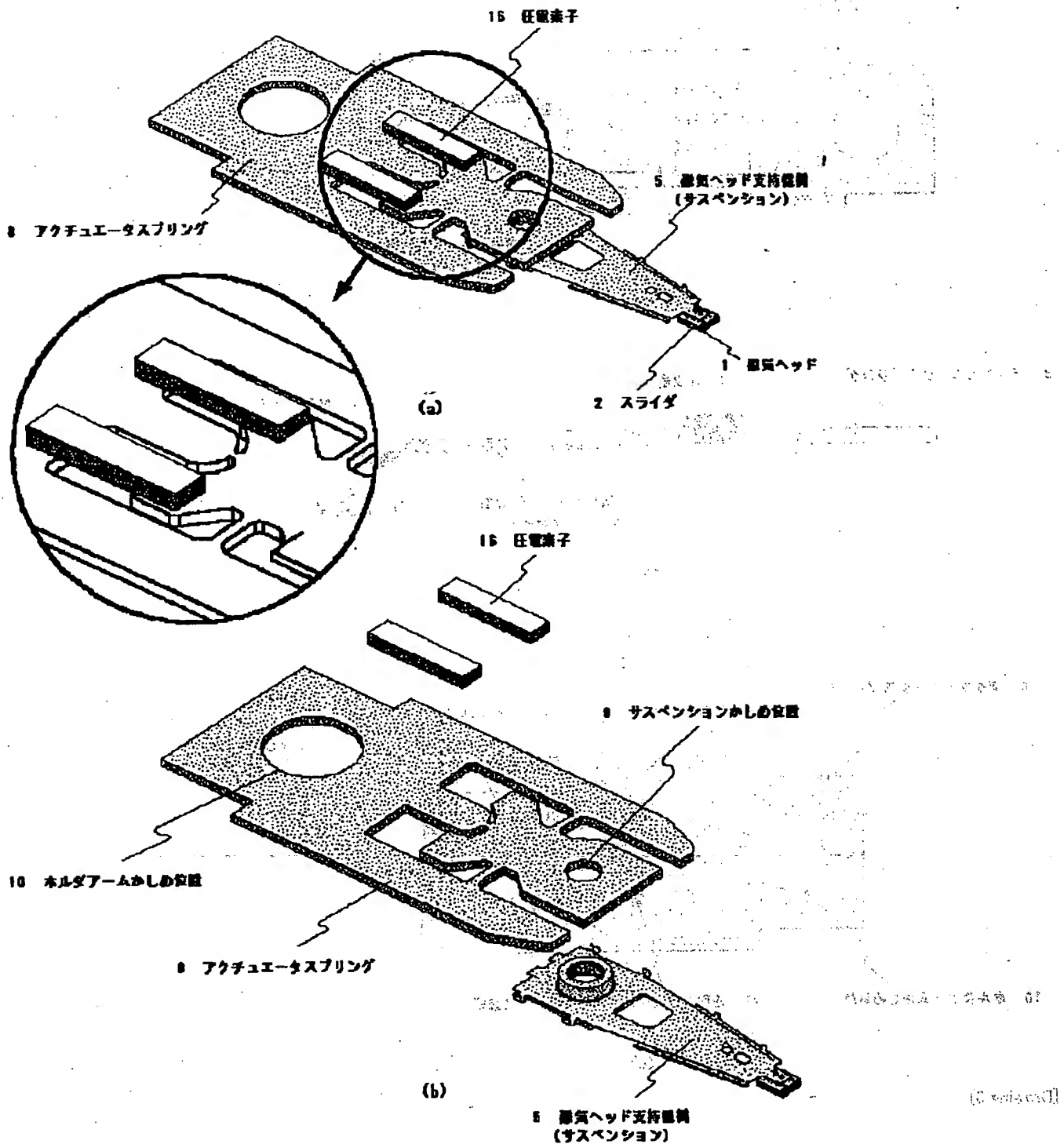


[Drawing 2]

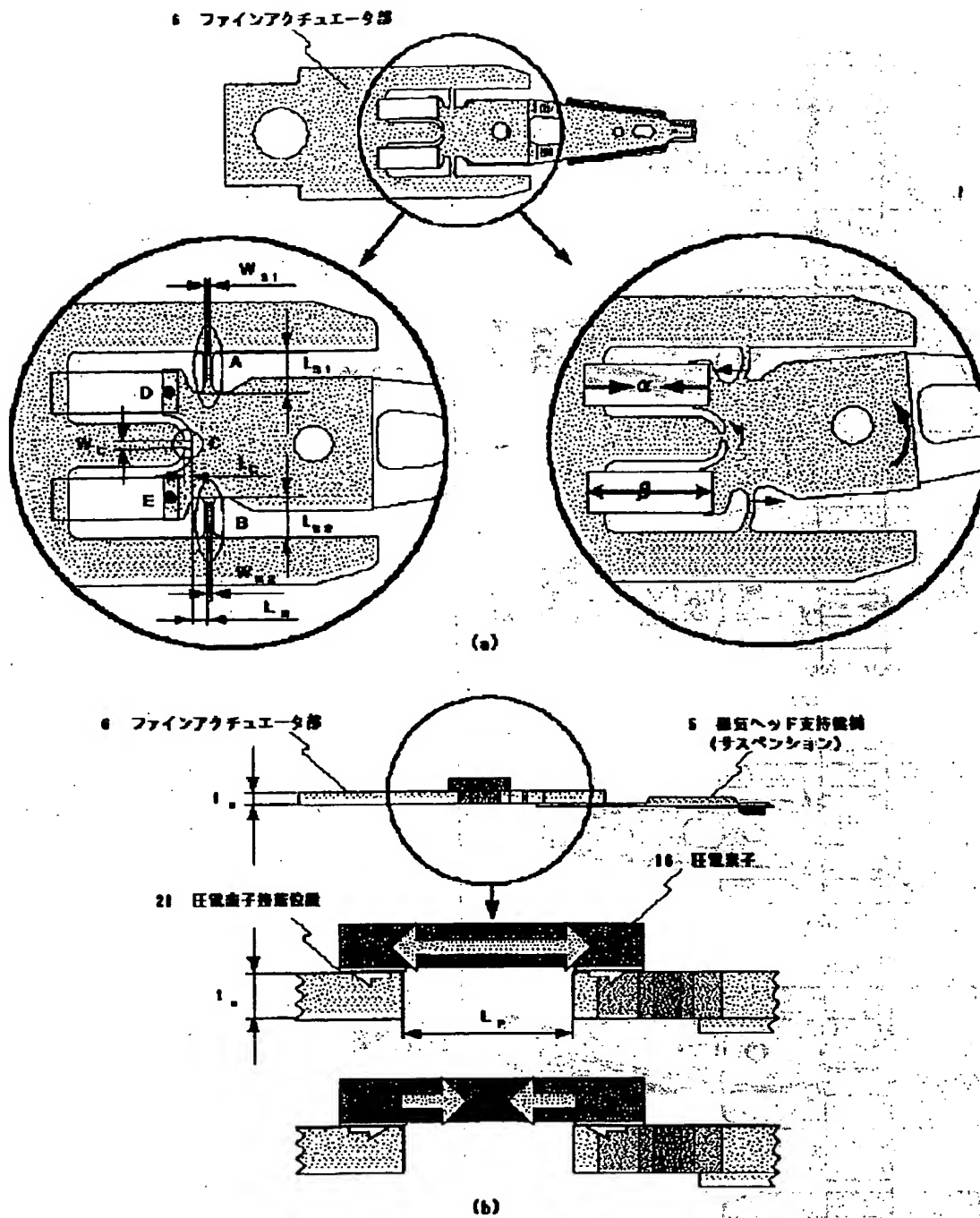


[Drawing 3]

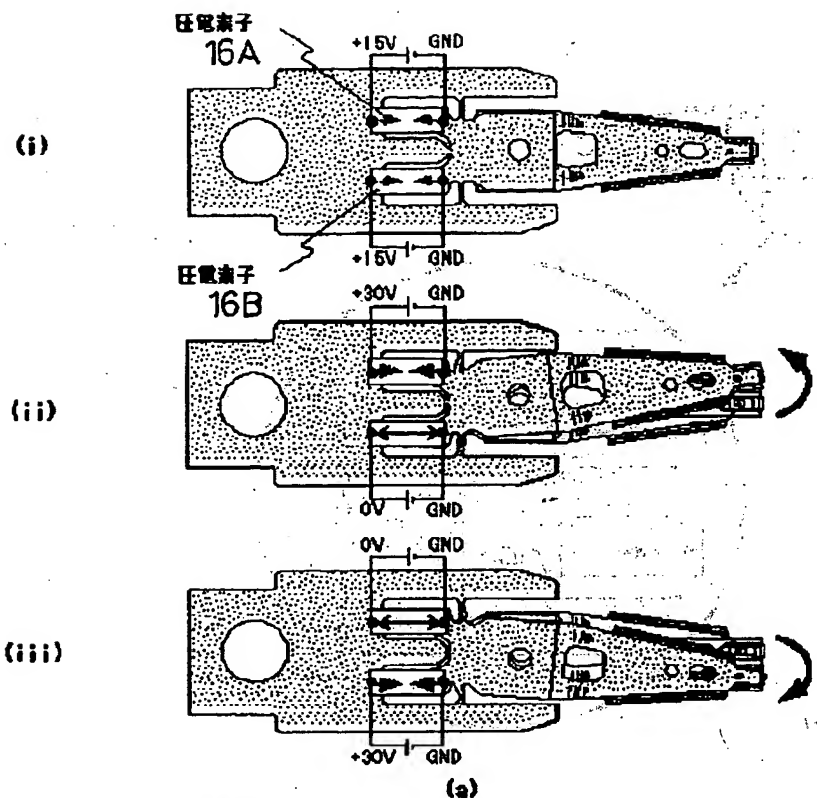




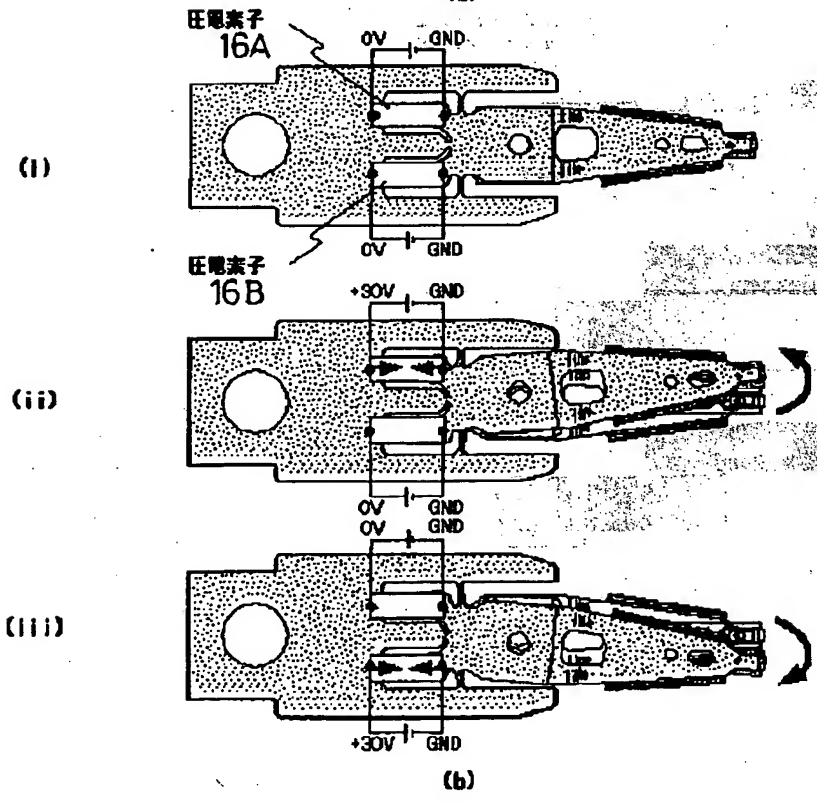
[Drawing 4]



[Drawing 5]

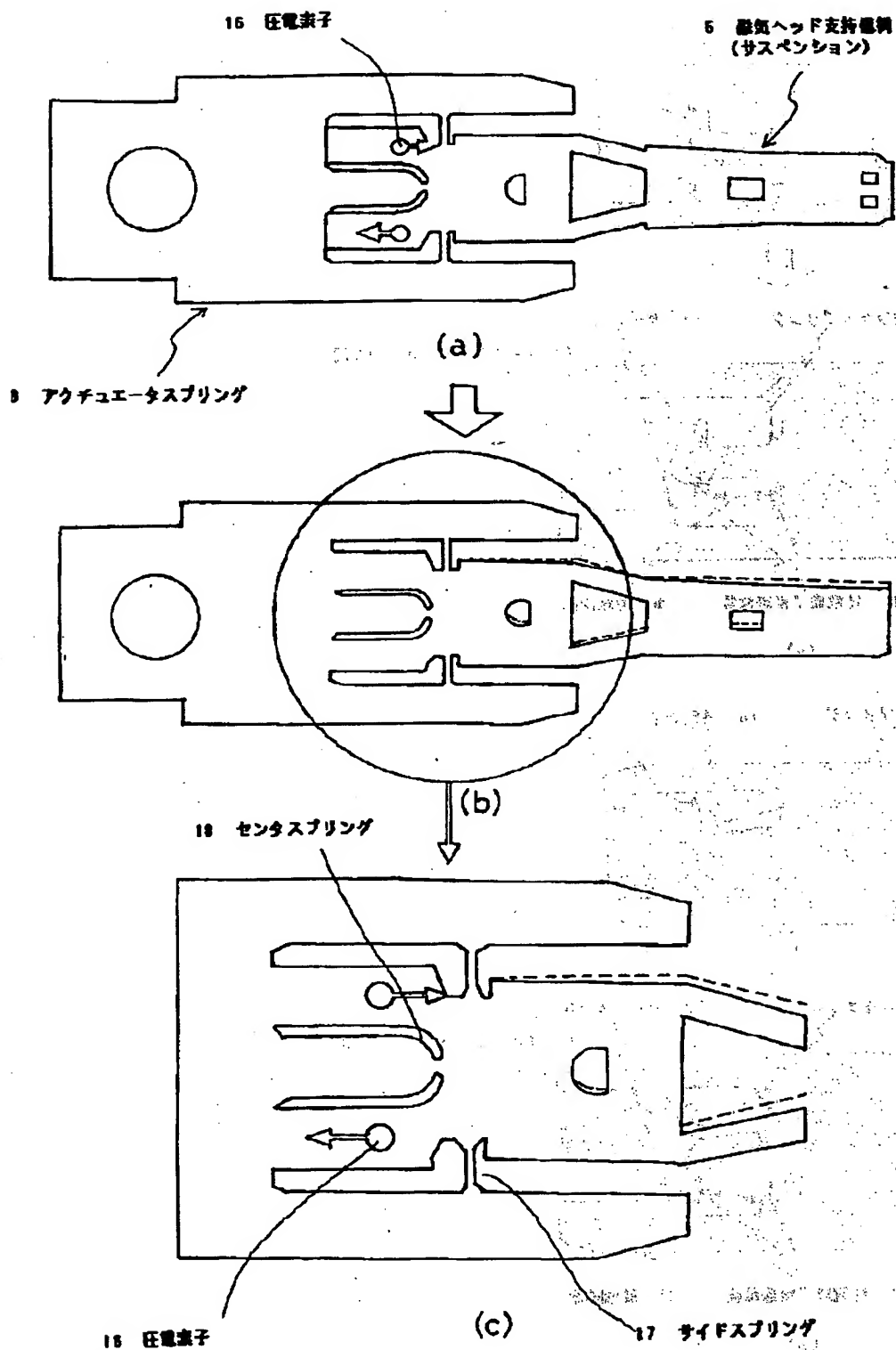


両側駆動

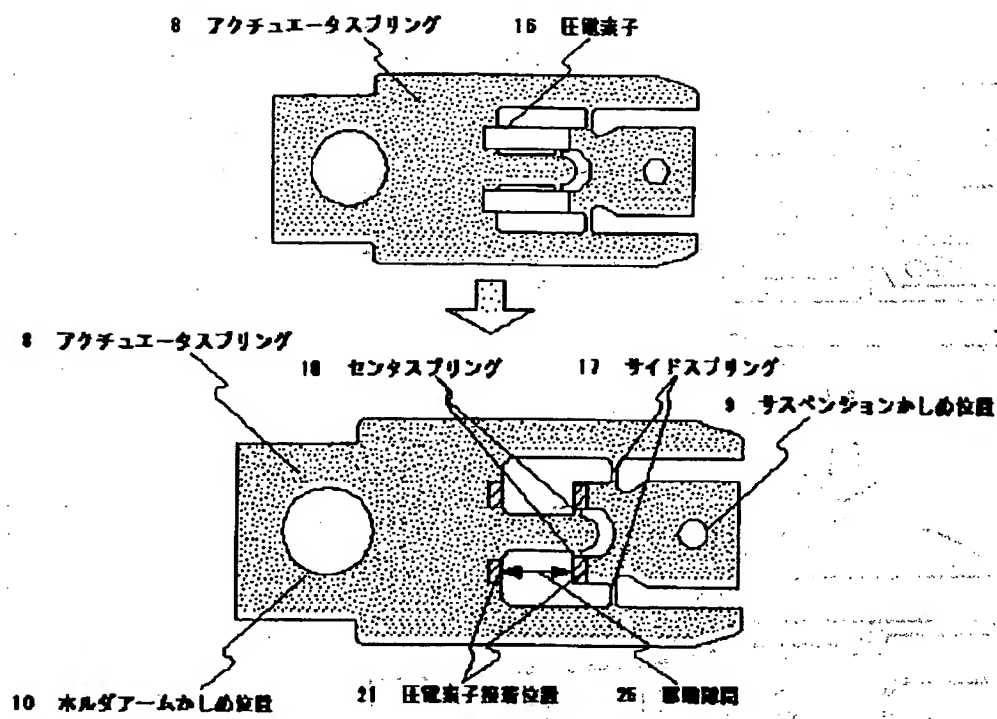


片側駆動

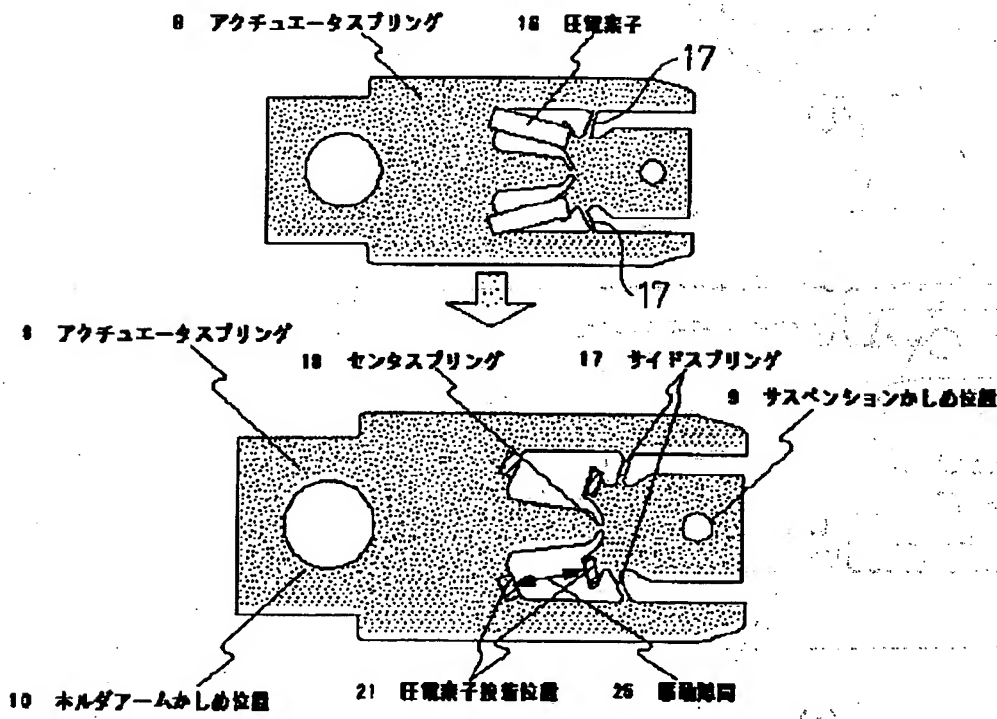
[Drawing 6]



[Drawing 8]

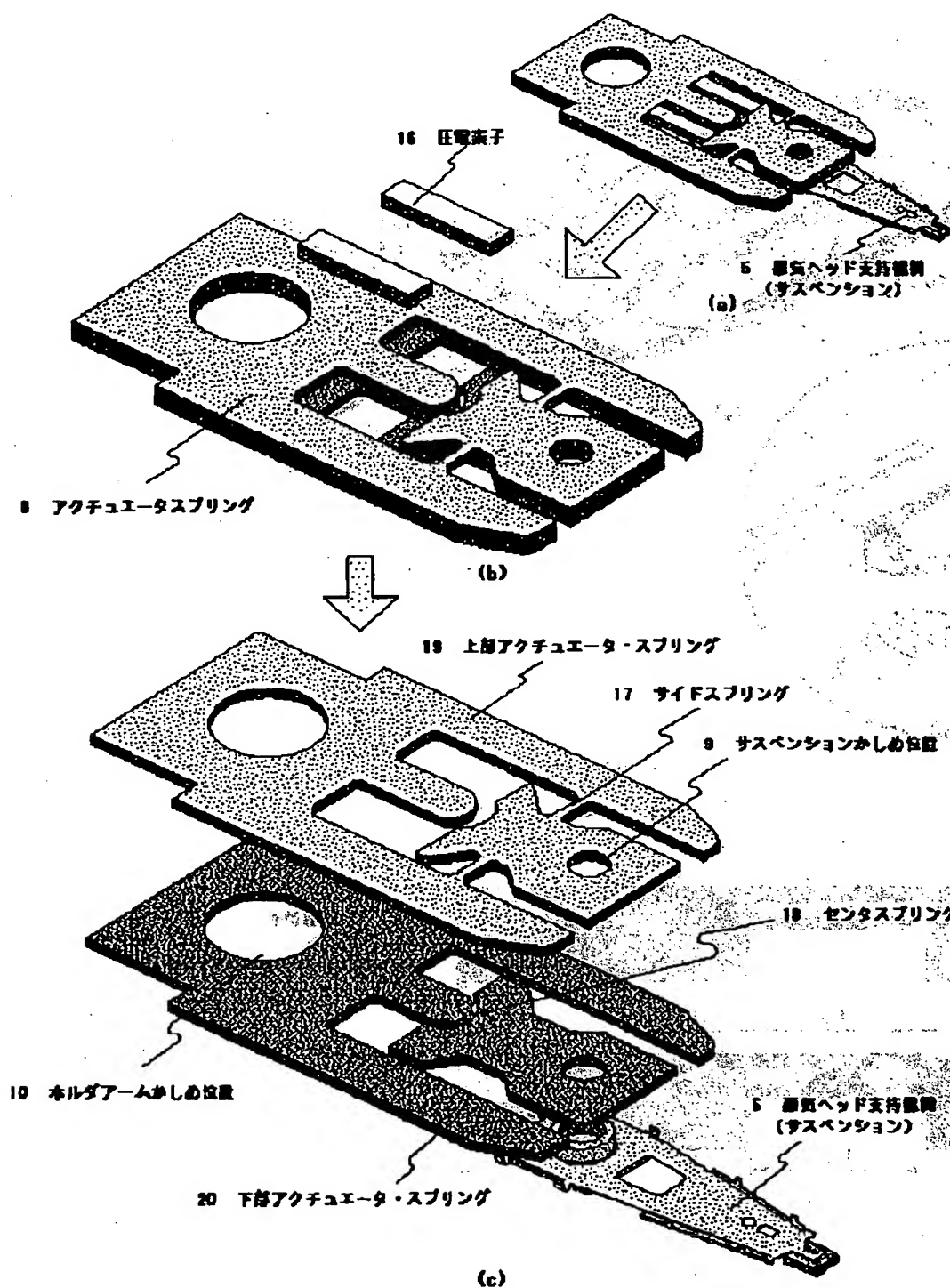


(a)

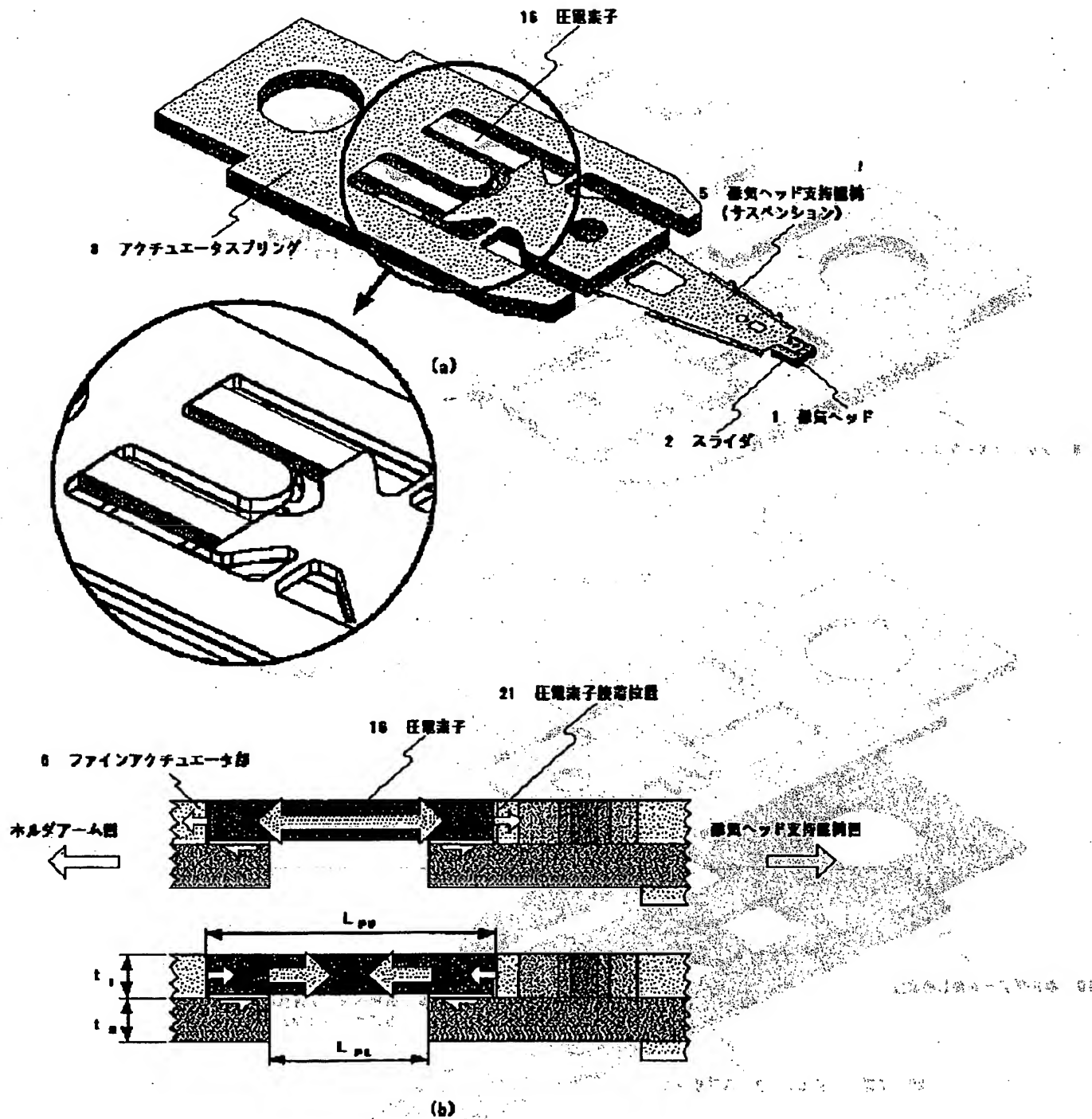


(b)

[Drawing 9]

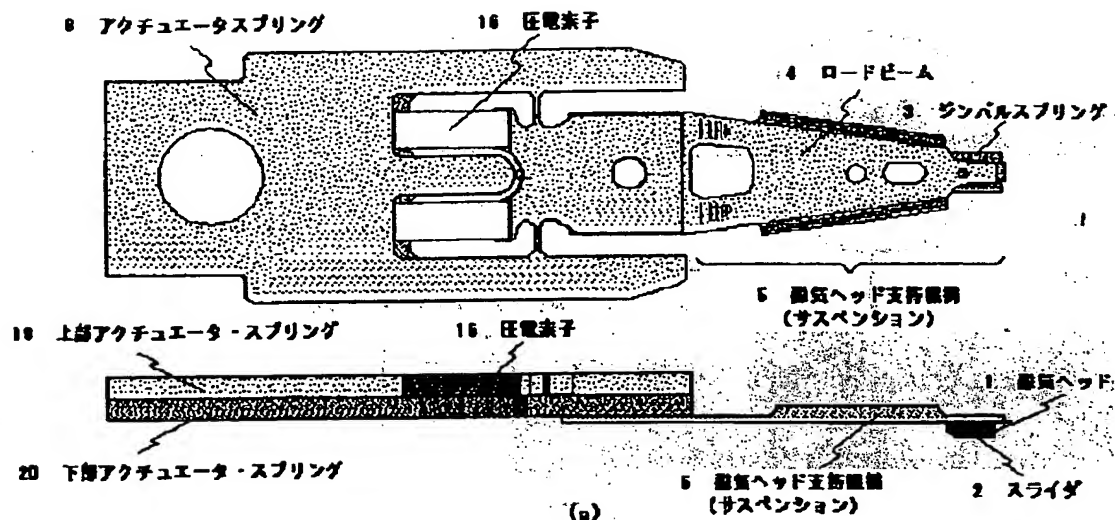


[Drawing 10]

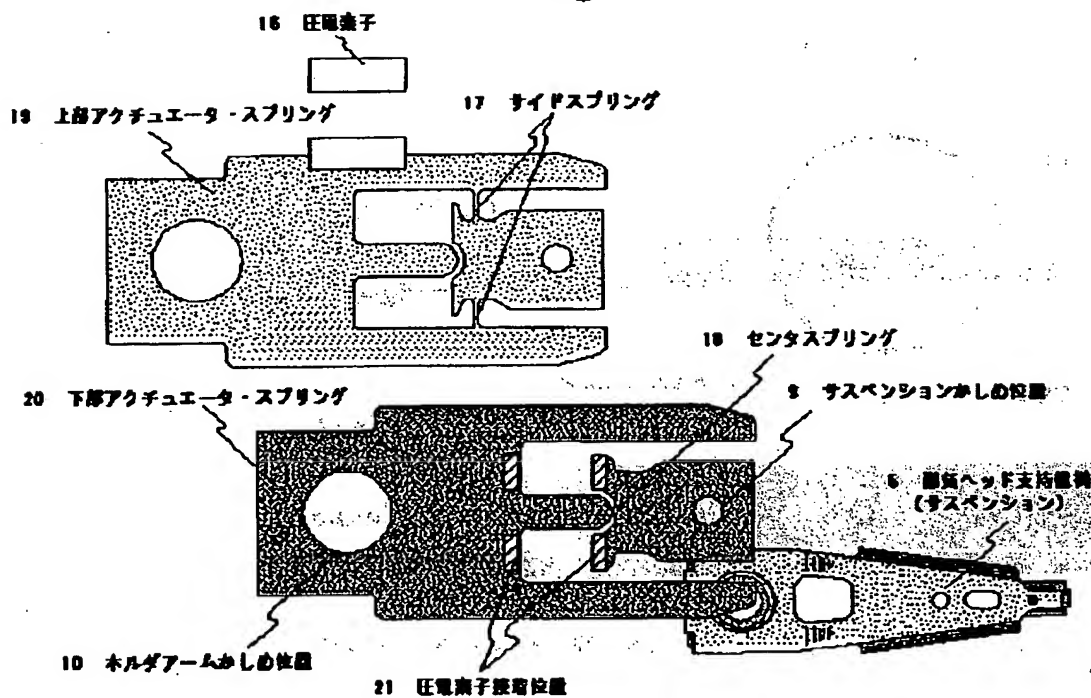


[Drawing 11]



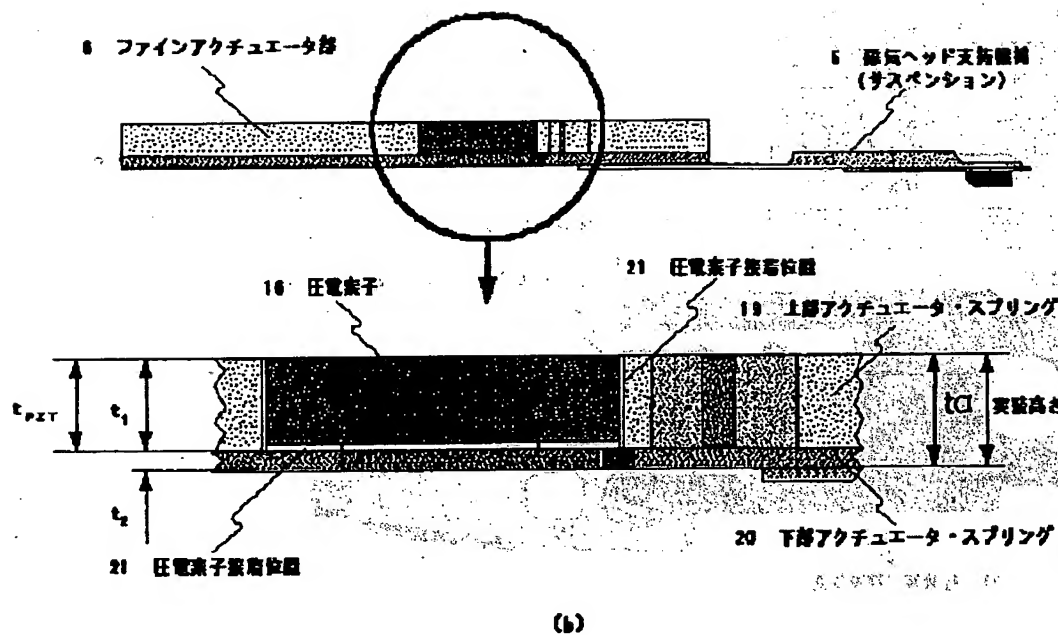
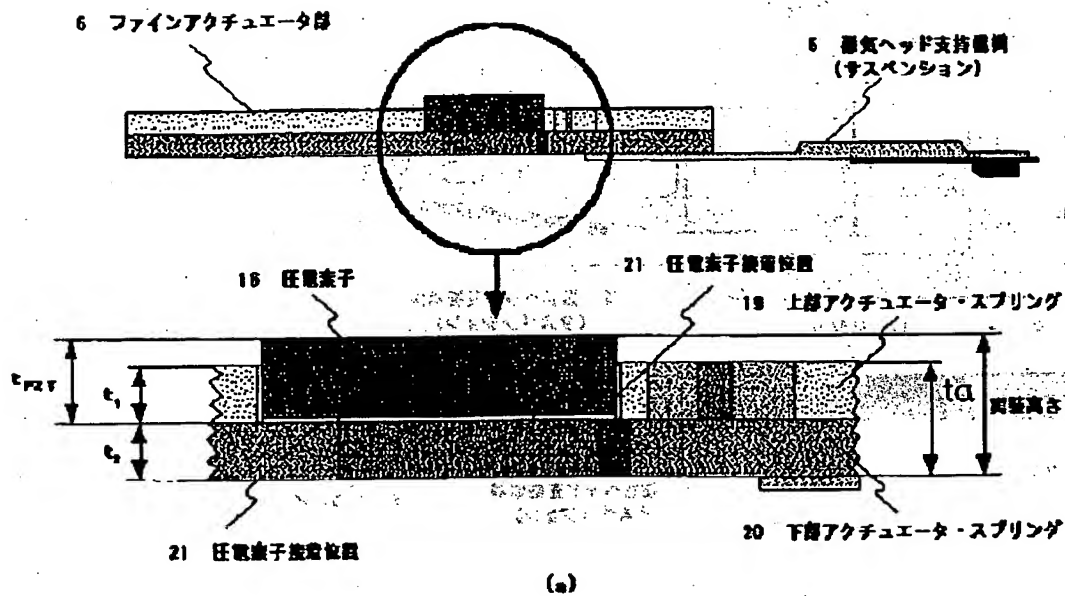


(a)

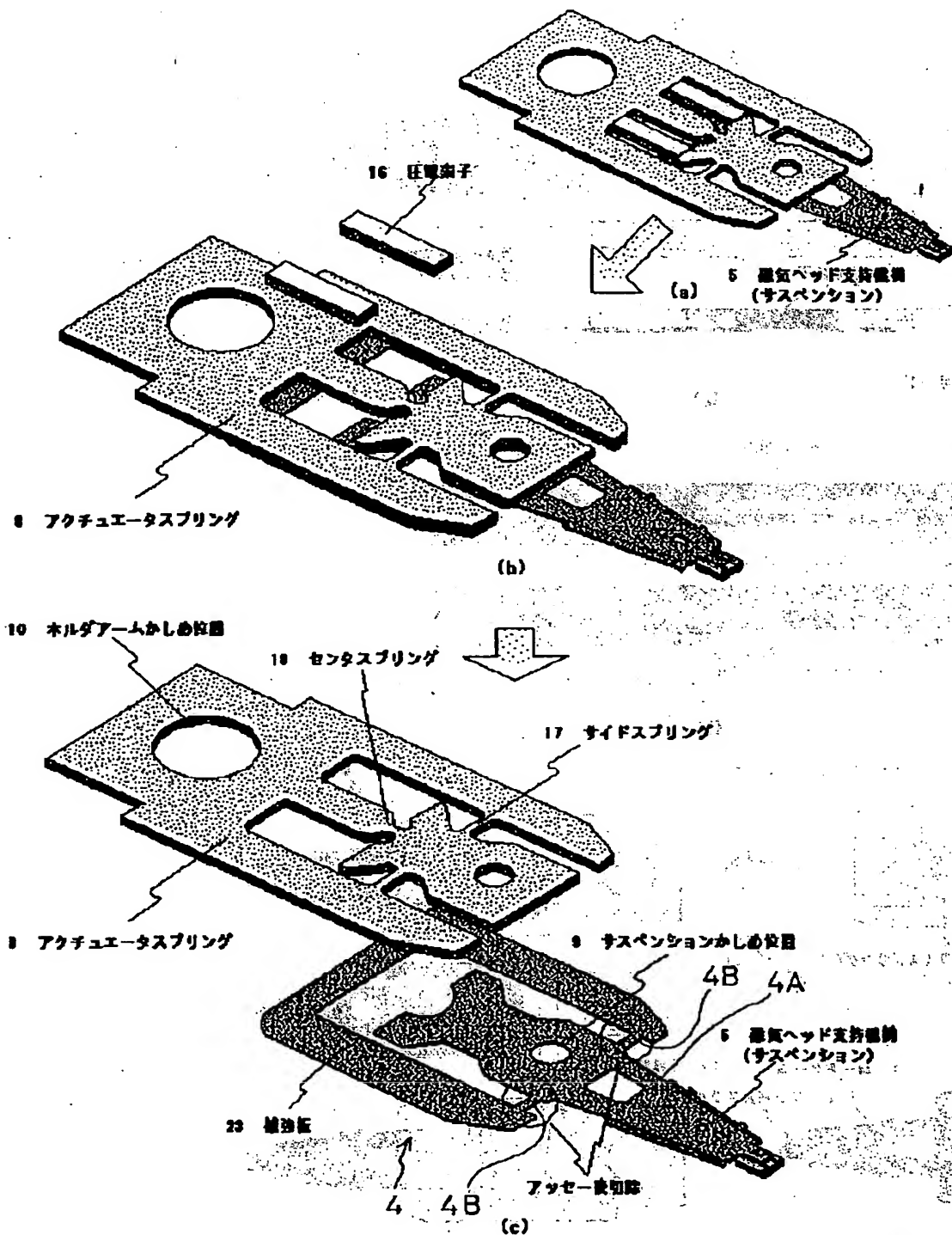


(b)

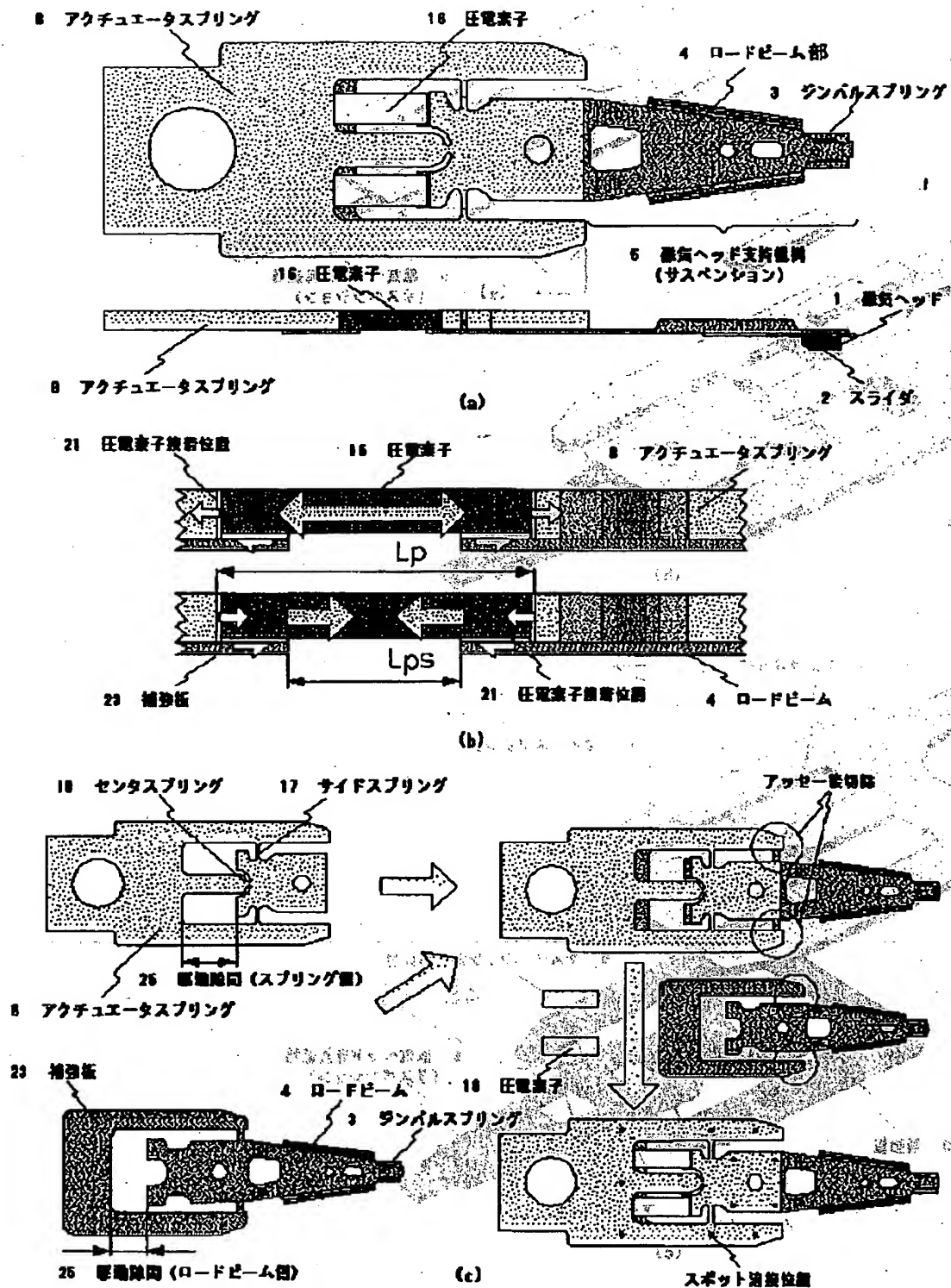
[Drawing 12]



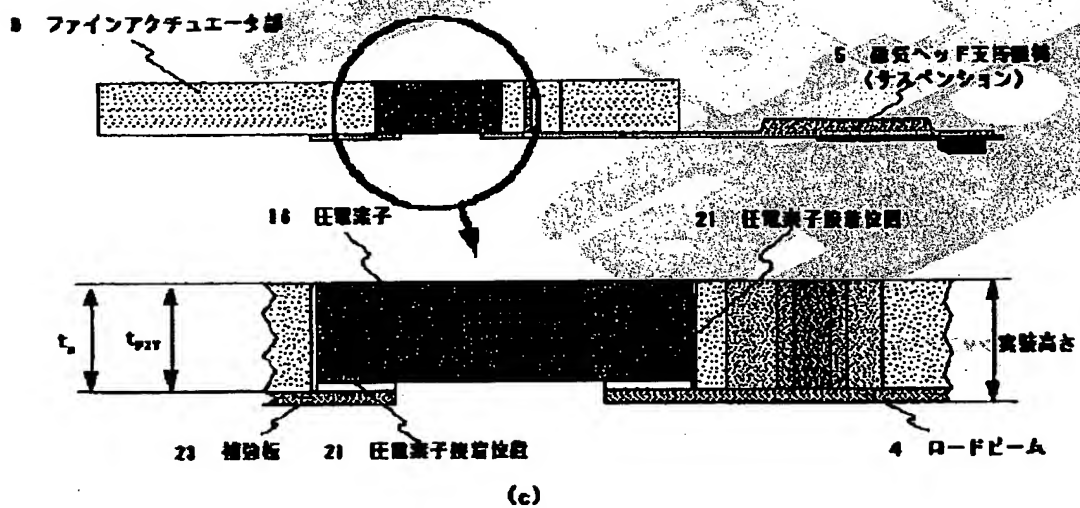
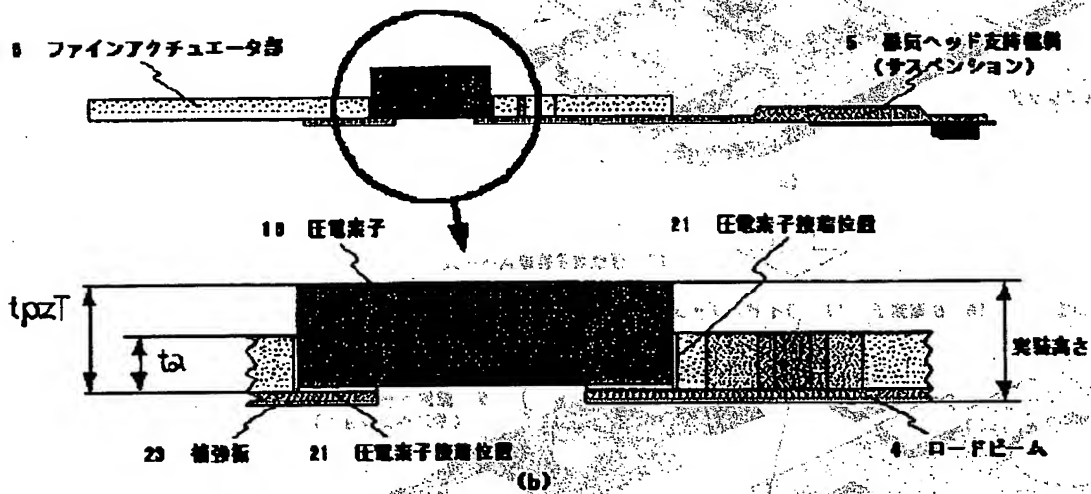
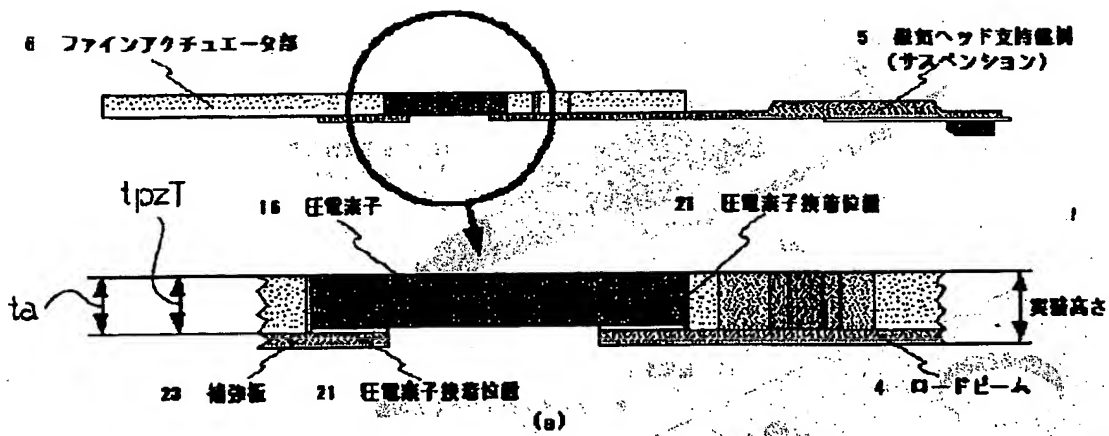
[Drawing 13]



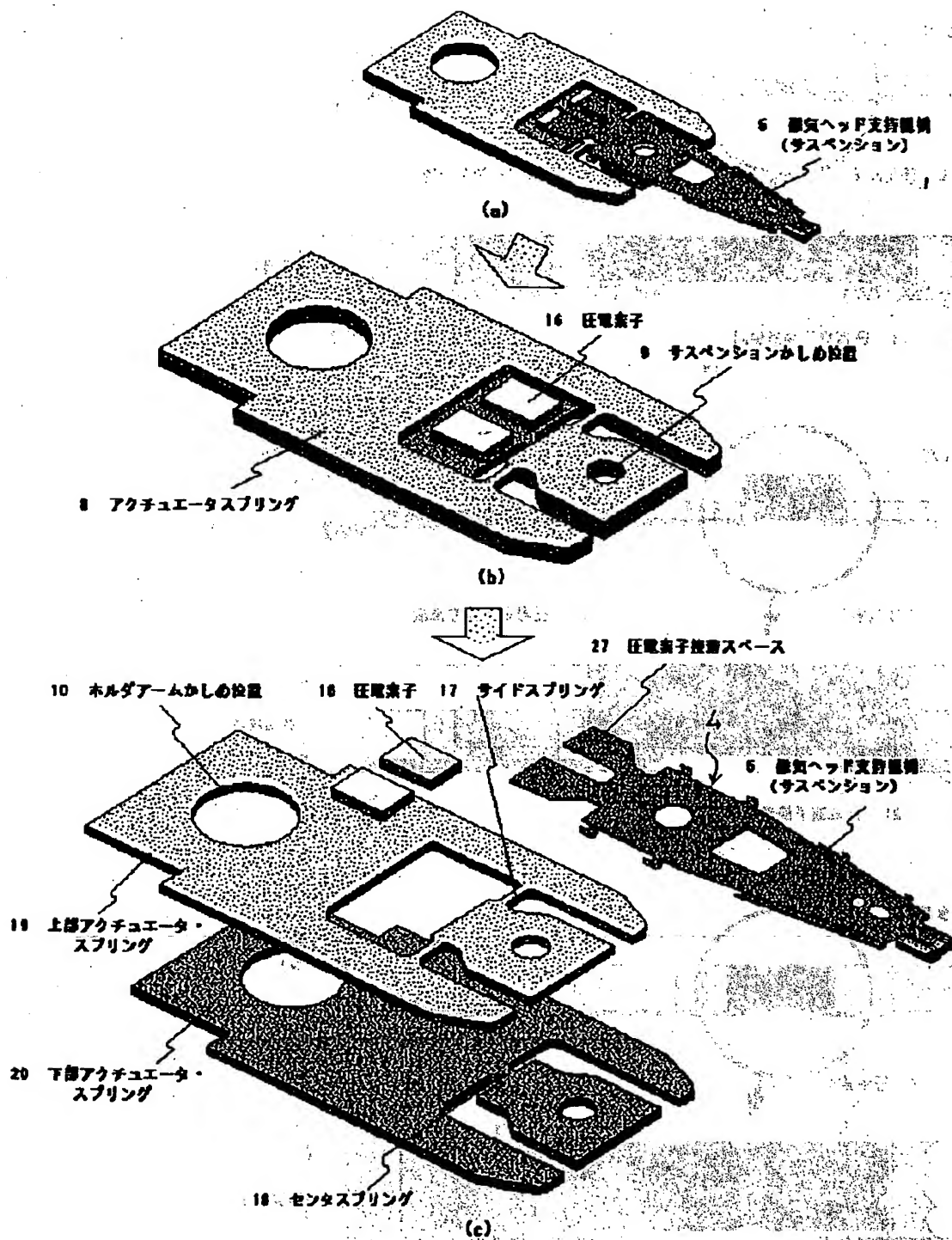
[Drawing 14]



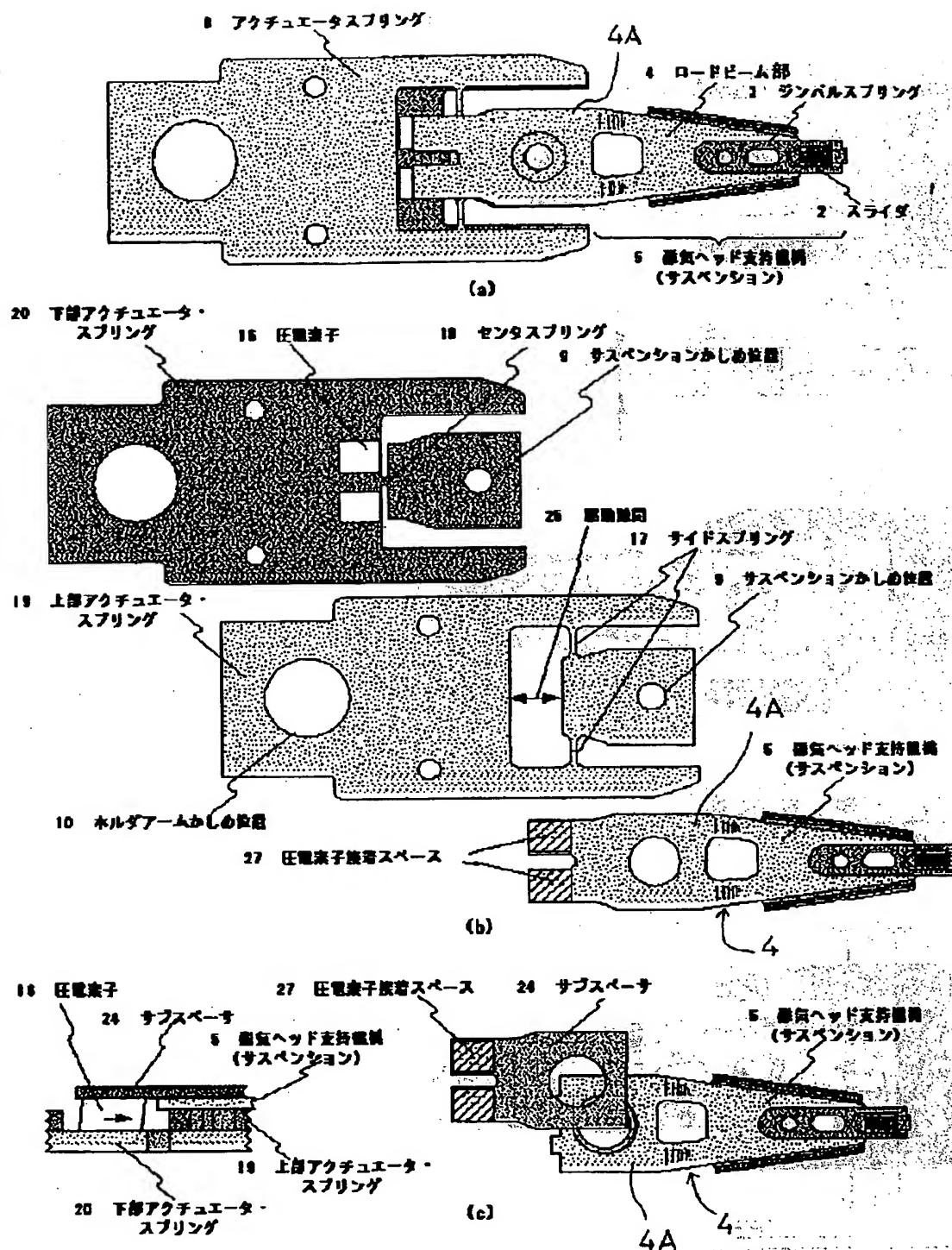
[Drawing 15]



[Drawing 16]

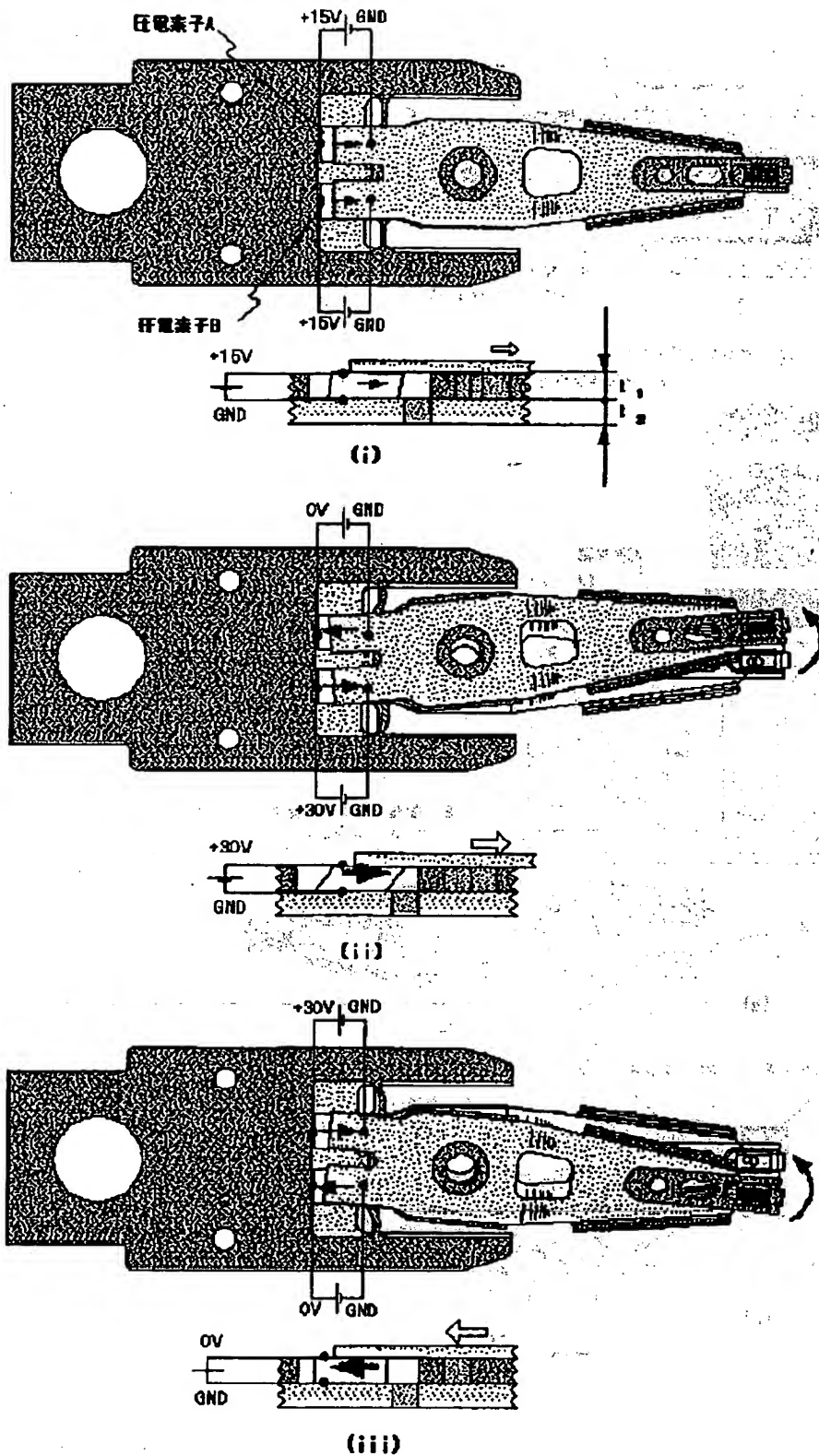


[Drawing 17]

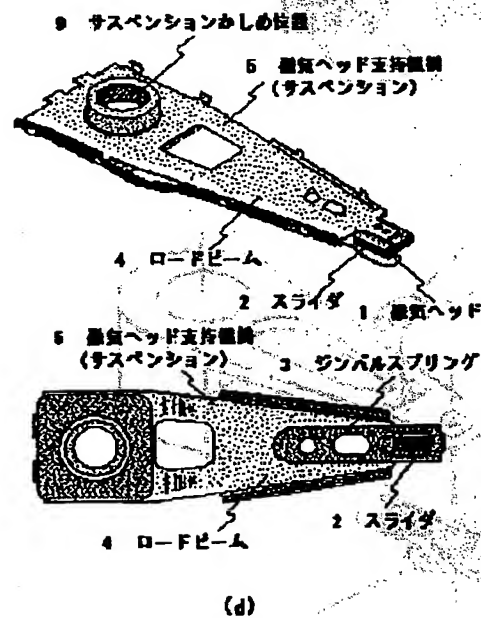
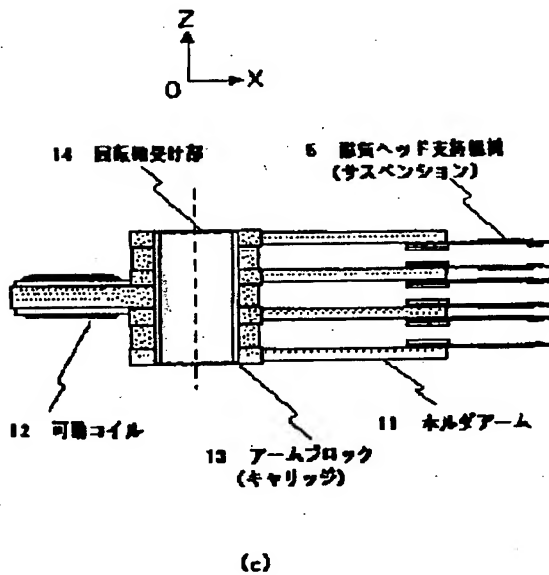
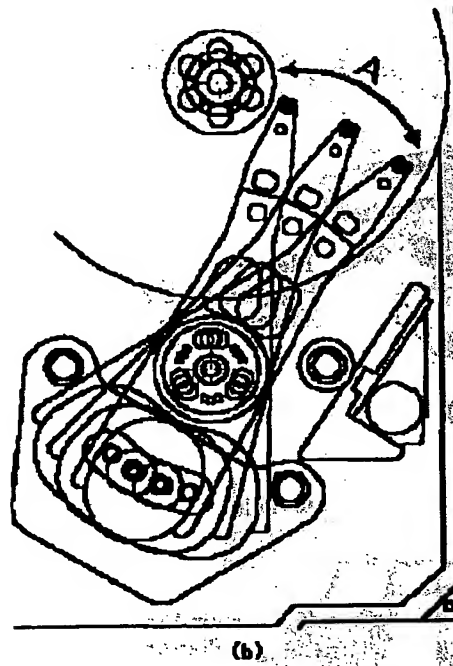
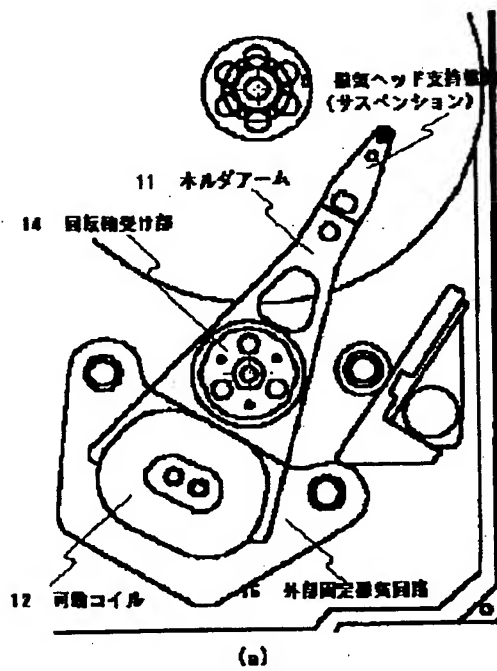


[Drawing 18]

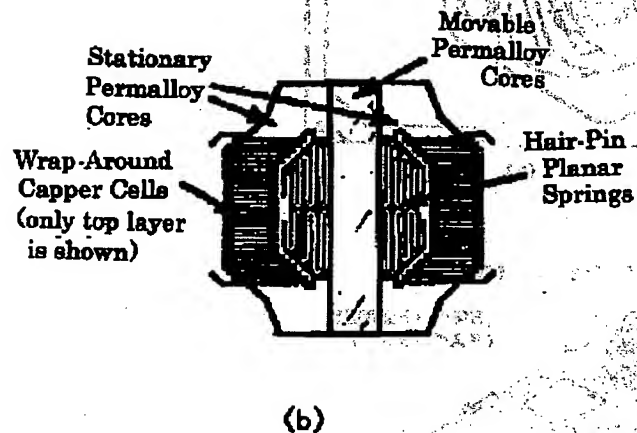
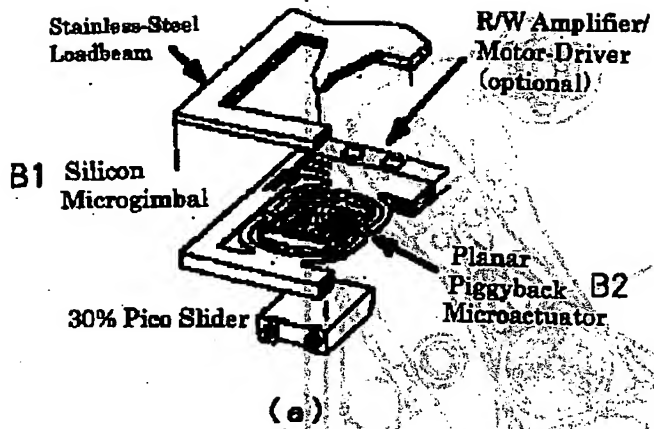




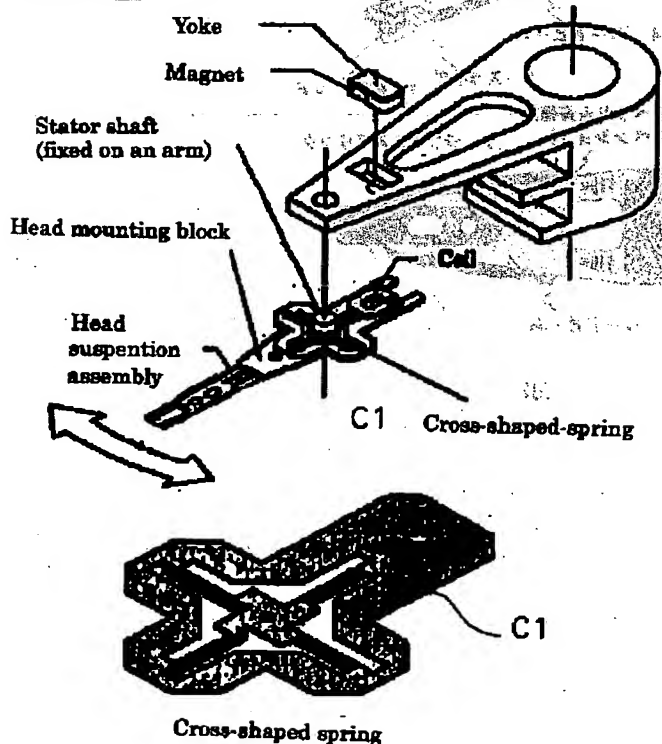
[Drawing 19]



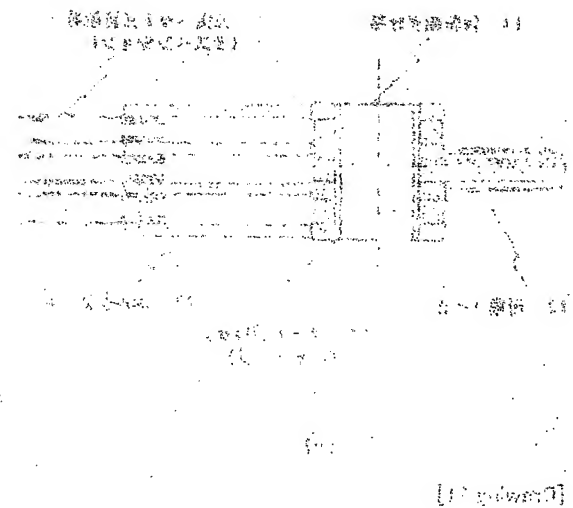
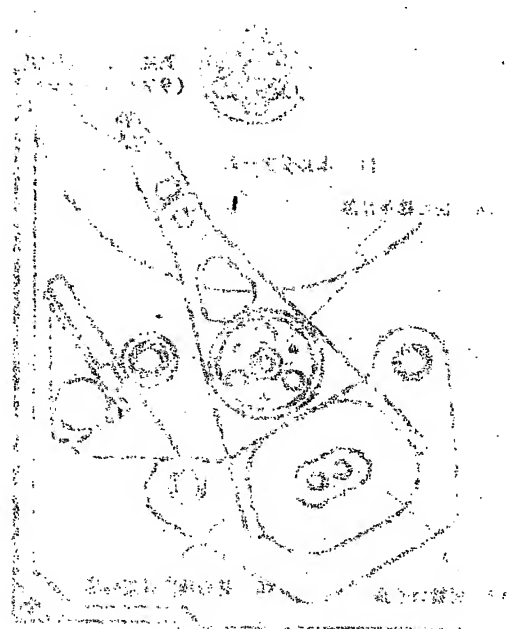
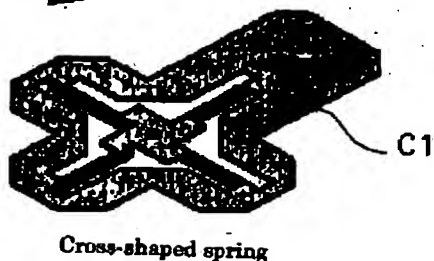
[Drawing 21]

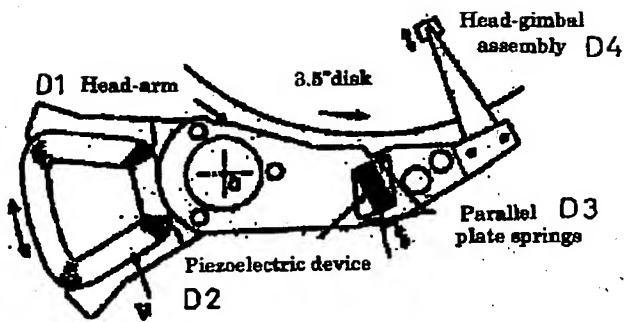


[Drawing 22]

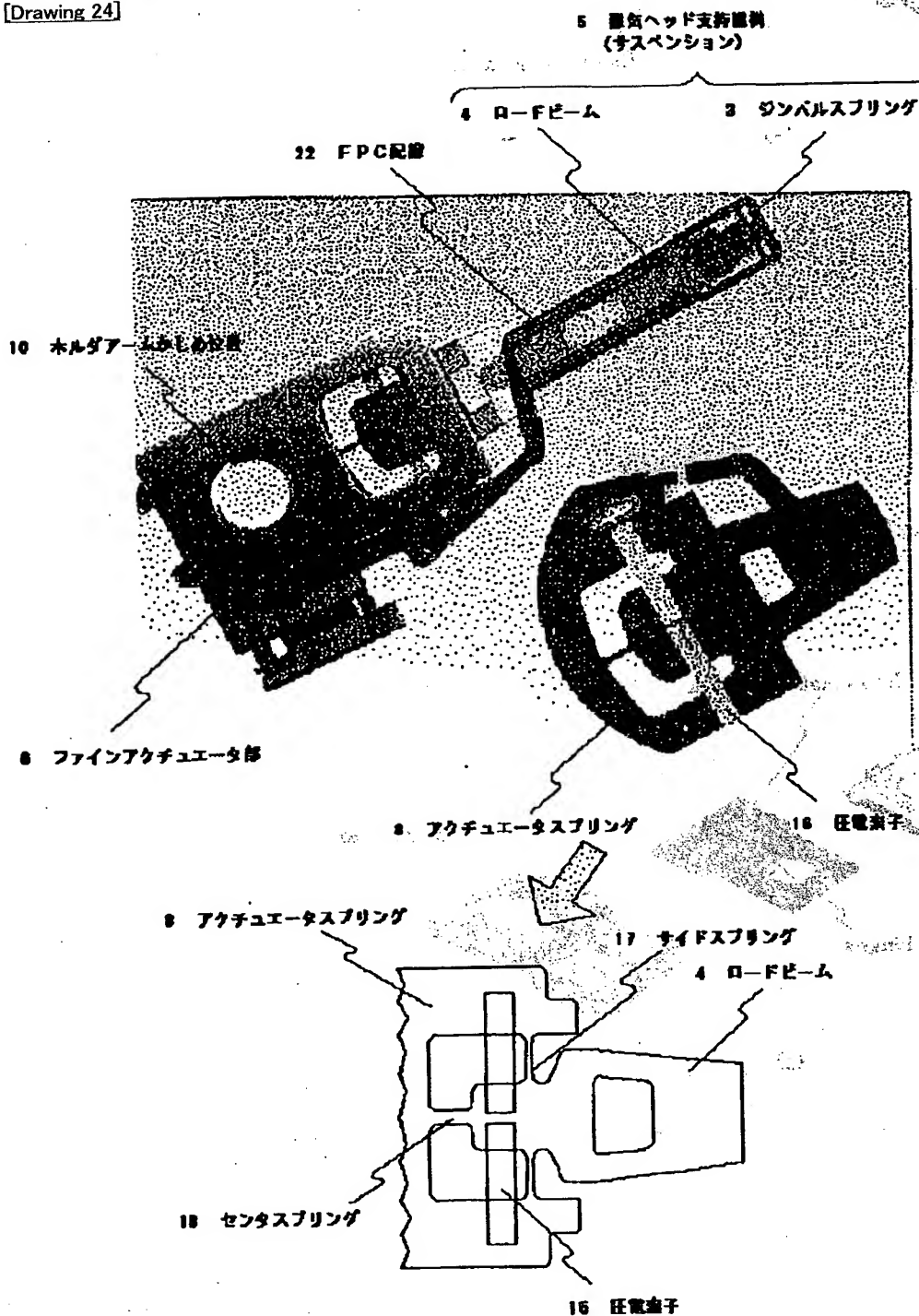


[Drawing 23]

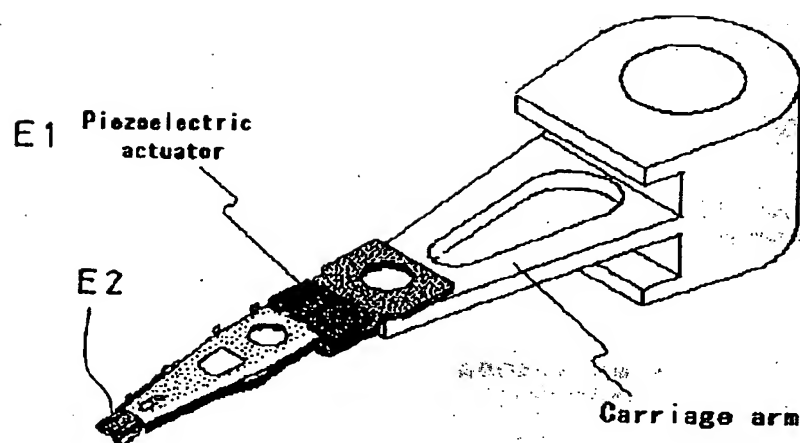




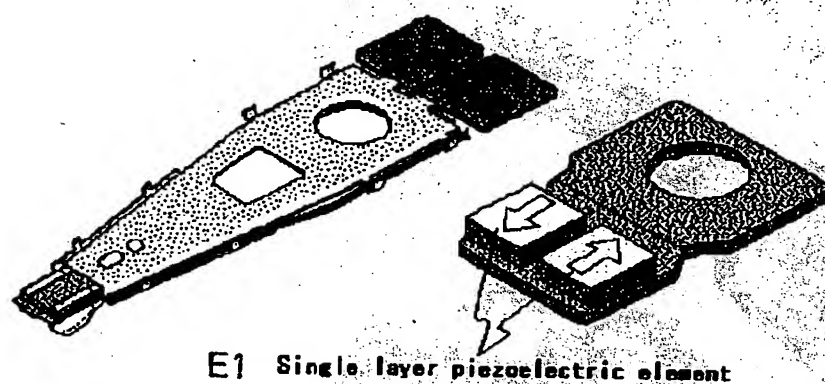
[Drawing 24]



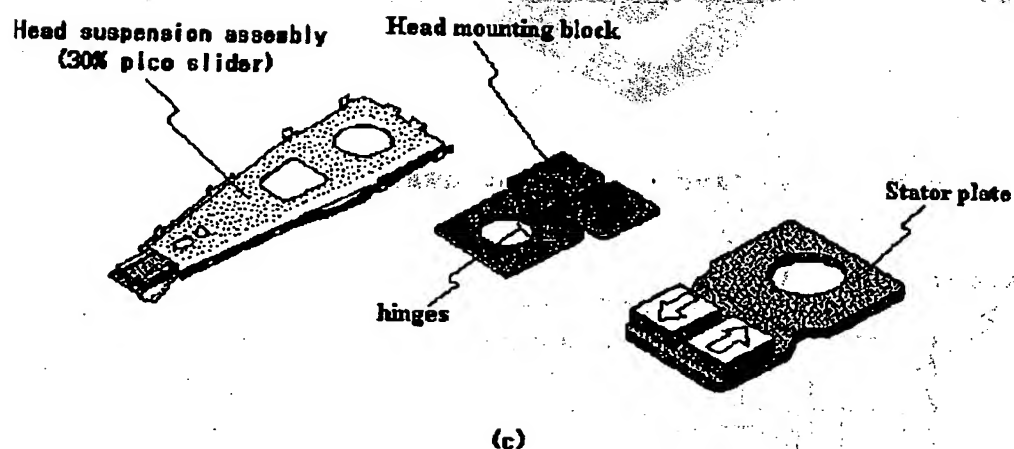
[Drawing 25]



(a)



(b)



(c)

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

